



TESIS - PM 147501

Metode Hibrida ARIMA dan Multilayer Perceptron untuk Peramalan Jangka Pendek Konsumsi Listrik di Jawa Timur

YUNITA ARDILLA
NRP 9114205301

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Suhartono, S.Si., M.Sc

PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN TEKNOLOGI INFORMASI
PROGRAM PASCA SARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



TESIS - PM 147501

HYBRID ARIMA AND MULTILAYER PERCEPTRON FOR SHORT TERM FORECASTING OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN EAST JAVA

YUNITA ARDILLA
NRP 9114205301

SUPERVISOR
Dr. Suhartono, S.Si., M.Sc

TECHNOLOGY MANAGEMENT DEPARTMENT
INFORMATION TECHNOLOGY MANAGEMENT COURSE
POSTGRADUATE PROGRAM
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Yunita Ardilla

NRP. 9114205301

Tanggal Ujian : 21 Juni 2016

Periode Wisuda : September 2016

Disetujui oleh:

1. Dr. Suhartono, S.Si., M. Sc.
NIP: 197109291995121001

(Pembimbing)

2. Dr. Ir. R.V. Hari Ginardi, M.Sc.
NIP: 196505181992031003

(Penguji)

3. Erma Suryani, S.T, M.T, Ph.D
NIP: 197004272005012001

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D

NIP. 196012021987011001

PROGRAM
PASCASARJANA

Metode Hibrida ARIMA dan Multilayer Perceptron untuk Peramalan Jangka Pendek Konsumsi Listrik di Jawa Timur

Nama : Yunita Ardilla

NRP : 9114 205 301

Pembimbing : Dr. Suhartono, S.Si., M.Sc

ABSTRAK

Peningkatan akan kebutuhan listrik Indonesia diperkirakan akan terus mengalami pertumbuhan rata-rata 6,5% per tahun hingga tahun 2020. Oleh karena itu PT. PLN (Persero) harus menyediakan energi listrik yang tepat sasaran sesuai dengan kebutuhan konsumen untuk setiap subsistemnya. Energi listrik sendiri adalah hasil dari perubahan energi mekanik yang tidak bisa disimpan, sehingga jika terjadi kehilangan energi listrik yang tidak tersalurkan secara tepat maka PT. PLN (Persero) akan mengalami kerugian. Maka perlu adanya perencanaan sistem distribusi yang tepat untuk menyalurkan energi listrik, agar energi yang tersalurkan tidak terbuang begitu saja. Tujuan dari penelitian yaitu meramalkan konsumsi listrik jangka pendek untuk setiap subsistem di wilayah Jawa Timur dengan metode Hibrida ARIMA dan *Multilayer Perceptron* (MLP).

Pemodelan dilakukan di subsistem Kediri pada jam 13:30, 18:30, dan 05:30. Subsistem Paiton dimodelkan pada jam 13:30, 18:30, dan 22:30. Subsistem Ngimbang dimodelkan pada jam 13:30, 19:30, dan 22:30. Untuk subsistem Krian pemodelan dilakukan pada jam 11:00, 15:00, dan 22:30. Subsistem Krian-Gresik dimodelkan pada jam 14:00, 15:00, dan 22:30. Kriteria pemilihan model terbaik berdasarkan pada nilai MAPE data *out sample*. Dengan adanya peramalan ini diharapkan juga akan mengoptimalkan kinerja pembangkit-pembangkit yang mensuplai per subsistem distribusi listrik dalam proses *load balancing* yang sesuai dengan konsumsi pelanggan agar tidak ada energi listrik yang terbuang sia-sia atau bahkan terjadinya kelebihan kapasitas pemakaian.

Kata Kunci: ARIMA, MAPE, Listrik, Ramalan Jangka Pendek, MLP, PT. PLN (Persero)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Hybrid ARIMA and Multilayer Perceptron Method for Short Term Forecasting of Electricity Consumption in East Java

Name : Yunita Ardilla

NRP : 9114 205 301

Supervisor : Dr. Suhartono, S.Si., M.Sc

ABSTRACT

An increase in demand for electricity in Indonesia is expected to continue to grow by average of 6,5% per year until 2020. Therefore, PT. PLN (Persero) had to provide electrical energy that are effective in accordance with the needs of consumers for each its subsystems. The electrical energy itself is the result of a changed in the mechanical energy that can not be stored, so that if loss of electrical energy is not channeled properly then PT. PLN (Persero) will suffer losses. It is necessary to plan a proper distribution system to distribute electrical energy, so that channeled energy won't be wasted. The aim of this research is to predict the short-term electricity consumption for each subsystem in East Java by using Hybrid ARIMA and Multilayer Perceptron (MLP).

Kediri subsystem is modeled at 13:30, 18:30, and 05:30. Paiton subsystem is modeled at 13:30, 18:30, and 22:30. Ngimbang subsystem is modeled at 13:30, 19:30, and 22:30. Krian is modeled at 11:00, 15:00, dan 22:30. Krian-Gresik subsystem is modeled at 14:00. 15:00, and 22:30. Criteria for selection of the best model is based on the MAPE value of out sample data. Given this forecast is also expected to optimize the load balancing performance of power plants that supply electricity distribution for each subsystem in accordance with customer consumption so that no electrical energy is wasted or even the over capacity usage. Result of the analysis showed that MLP method provides better accuracy rate for electricity consumption forecasting in East Java based on peak load for each subsystem compared with ARIMA and Hybrid ARIMA & MLP.

Keyword: *ARIMA, MAPE, Electricity, Short Term Forecasting, MLP, PT. PLN (Persero)*

halaman ini sengaja di kosongkan

DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 7 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 7 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 8 |
| 1.5 Batasan Masalah | 8 |
| 1.6 Kontribusi Penelitian | 8 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 8 |
| BAB II DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA | 11 |
| 2.1 Karakteristik Beban Di Setiap Subsistem | 11 |
| 2.2 Peramalan | 11 |
| 2.3 Analisis <i>Time Series</i> | 12 |
| 2.3.1 Stasioneritas | 12 |
| 2.3.2 <i>Autocorrelation Function</i> (ACF) | 14 |
| 2.3.3 <i>Partial Autocorrelation Function</i> (PACF) | 15 |
| 2.4 Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA) | 15 |
| 2.4.1 Identifikasi Model | 15 |
| 2.4.2 Estimasi Parameter | 17 |
| 2.4.3 Pemeriksaan Diagnostik | 19 |
| 2.4.4 Pemilihan Model Terbaik | 20 |
| 2.5 Jaringan Saraf Tiruan | 20 |
| 2.5.1 Arsitektur <i>Multilayer Perceptron</i> | 21 |
| 2.5.2 Fungsi aktivasi | 22 |
| 2.5.3 Fungsi Biaya | 22 |

| | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.4 | Algoritma <i>backpropagation</i> | 23 |
| 2.5.5 | Algoritma <i>Autoregressive Neural Network</i> | 24 |
| 2.5.6 | Metode Hibrida ARIMA dan <i>Multilayer Perceptron</i> | 25 |
| 2.6 | Proses Penyampaian Tenaga Listrik Ke Pelanggan..... | 26 |
| 2.7 | Sistem Tenaga Listrik Interkoneksi Jawa Timur | 27 |
| 2.8 | <i>Framework</i> .NET | 27 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | 31 |
| 3.1 | Sumber Data dan Variabel Penelitian | 31 |
| 3.2 | Pengolahan Data | 32 |
| 3.3 | Studi Literatur Metode ARIMA | 35 |
| 3.4 | Studi Literatur Metode <i>Multilayer Perceptron</i> | 36 |
| 3.5 | Studi Literatur Metode Hibrida ARIMA dan <i>Multilayer Perceptron</i> | 37 |
| 3.6 | Perancangan Metode Peramalan <i>Time Series</i> Menggunakan ARIMA, <i>Multilayer Perceptron</i> , dan Hibrida ARIMA & <i>Multilayer Perceptron</i> ... | 38 |
| 3.6.1 | Peramalan dan Pemodelan menggunakan ARIMA | 39 |
| 3.6.2 | Penentuan Variabel <i>Input</i> MLP Berdasarkan Lag AR | 39 |
| 3.6.3 | Peramalan Data Menggunakan MLP | 39 |
| 3.6.4 | Peramalan Data Menggunakan Hibrida ARIMA dan MLP | 40 |
| 3.7 | Implementasi Rancangan Sistem Peramalan <i>Time series</i> Menggunakan ARIMA, <i>Multilayer Perceptro</i> , dan Hibrida ARIMA dan MLP | 40 |
| 3.8 | Uji Coba dan Analisis Hasil Percobaan Sistem | 41 |
| 3.9 | Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak | 41 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMAHASAN | | 43 |
| 4.1 | Karakteristik Konsumsi Beban Listrik di Jawa Timur Untuk Setiap Subsistem | 43 |
| 4.2 | Peramalan Konsumsi Beban Listrik Setiap Subsistem di Jawa Timur Menggunakan Metode ARIMA | 46 |
| 4.3 | Peramalan Konsumsi Beban Listrik Setiap Subsistem di Jawa Timur Menggunakan Metode Autoregressive Neural Network | 71 |
| 4.4 | Peramalan Konsumsi Beban Listrik Setiap Subsistem di Jawa Timur Menggunakan Metode Hibrida ARIMA dan MLP | 86 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5 Perbandingan Hasil Ramalan Metode ARIMA, MLP, dan Hibrida ARIMA dan MLP..... | 100 |
| 4.6 Hasil Kombinasi Lag AR untuk Metode MLP dan Hibrida ARIMA & MLP..... | 102 |
| 4.7 Bagian Antarmuka Sistem..... | 103 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 107 |
| 5.1 Kesimpulan | 107 |
| 5.2 Saran..... | 110 |
| DAFTAR PUSTAKA | 111 |
| LAMPIRAN..... | 115 |
| BIOGRAFI PENULIS | 229 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Grafik penjualan energi listrik tahun 2014 | 1 |
| Gambar 2.1. Arsitektur <i>multilayer perceptron</i> | 21 |
| Gambar 2.2. Fungsi aktivasi sigmoid biner..... | 22 |
| Gambar 2.3. Fungsi aktivasi linier | 22 |
| Gambar 2.4. Arsitektur AR-NN. | 25 |
| Gambar 2.5. Skema diagram penyampaian tenaga listrik ke pelanggan | 27 |
| Gambar 3.1. Alur metodologi penelitian..... | 31 |
| Gambar 3.2. Diagram alir model peramalan ARIMA..... | 36 |
| Gambar 3.3. Diagram alir <i>backproagation</i> | 37 |
| Gambar 3.4. Diagram alir hibrida ARIMA dan MLP | 38 |
| Gambar 3.5. Rancangan sistem | 38 |
| Gambar 4.1. Rata-rata konsumsi listrik di subsistem Paiton..... | 45 |
| Gambar 4.2. Rata-rata konsumsi listrik di subsistem Kediri dan Ngimbang. | 45 |
| Gambar 4.3. Rata-rata konsumsi listrik di subsistem Krian..... | 46 |
| Gambar 4.4. Rata-rata konsumsi listrik di subsistem Krian-Gresik..... | 46 |
| Gambar 4.5. <i>Time series plot</i> subsistem Kediri pukul 13.30 | 48 |
| Gambar 4.6. <i>Time series plot</i> subsistem Krian pukul 15.00..... | 48 |
| Gambar 4.7. <i>Time series plot</i> subsistem Krian-Gresik pukul 14.00..... | 49 |
| Gambar 4.8. <i>Time series plot</i> subsistem Ngimbang pukul 13.30 | 49 |
| Gambar 4.9. <i>Time series plot</i> subsistem Paiton pukul 13.30 | 49 |
| Gambar 4.10. <i>Box-Cox Transformation</i> subsistem Kediri pukul 13.30 | 50 |
| Gambar 4.11. <i>Box-Cox Transformation</i> subsistem Krian pukul 15.00 | 50 |
| Gambar 4.12. <i>Box-Cox Transformation</i> subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 ... | 50 |
| Gambar 4.13. <i>Box-Cox Transformation</i> subsistem Ngimbang pukul 13.30 | 51 |
| Gambar 4.14. <i>Box-Cox Transformation</i> subsistem Paiton pukul 13.30 | 51 |
| Gambar 4.15. Plot ACF subsistem Krian pukul 15.00 (a), plot ACF <i>differencing 7</i> pukul 15.00 (b), plot ACF <i>differencing 7</i> dan 1 pukul 15.00 (c), dan plot PACF <i>differencing 7</i> dan 1 pukul 15.00 (d). | 53 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.16. Plot ACF subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 (a), plot ACF <i>differencing</i> 7 pukul 14.00 (b), plot ACF <i>differencing</i> 7 dan 1 pukul 14.00 (c), dan plot PACF <i>differencing</i> 7 dan 1 pukul 14.00 (d). | 53 |
| Gambar 4.17. Plot ACF subsistem Kediri pukul 13.30 (a), plot ACF <i>differencing</i> 7 pukul 13.30 (b), plot ACF <i>differencing</i> 7 dan 1 pukul 13.30 (c), dan plot PACF <i>differencing</i> 7 dan 1 pukul 13.30 (d). | 54 |
| Gambar 4.18. Plot ACF subsistem Paiton pukul 13.30 (a), plot ACF <i>differencing</i> 7 pukul 13.30 (b), plot ACF <i>differencing</i> 7 dan 1 pukul 13.30 (c), dan plot PACF <i>differencing</i> 7 dan 1 pukul 13.30 (d). | 54 |
| Gambar 4.19. Plot ACF subsistem Ngimbang pukul 13.30 (a), plot ACF <i>differencing</i> 7 pukul 13.30 (b), plot ACF <i>differencing</i> 7 dan 1 pukul 13.30 (c), dan plot PACF <i>differencing</i> 7 dan 1 pukul 13.30 (d). | 55 |
| Gambar 4.20. Kurva model subsistem Krian-Gresik 14.00 (a), Krian-Gresik 15.00 (b), Krian-Gresik 23.00 (c), Kediri 13.30 (d), Kediri 18.30 (e), Kediri 05.30 (f), Paiton 13.30 (g), Paiton 18.30 (h), dan Paiton 22.30 (i). | 62 |
| Gambar 4.21. Hasil perbandingan ramalan dengan data aktual berdasarkan <i>in sample</i> (a) dan <i>out sample</i> di subsistem Paiton pukul 13.30 (b). | 65 |
| Gambar 4.22. Hasil perbandingan ramalan dengan data aktual berdasarkan <i>in sample</i> (a) dan <i>out sample</i> di subsistem Kediri pukul 13.30 (b). | 65 |
| Gambar 4.23. Hasil perbandingan ramalan dengan data aktual berdasarkan <i>in sample</i> (a) dan <i>out sample</i> di subsistem Krian pukul 15.00 (b). | 66 |
| Gambar 4.24. Hasil perbandingan ramalan dengan data aktual berdasarkan <i>in sample</i> (a) dan <i>out sample</i> di subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 (b). | 66 |
| Gambar 4.25. Perbandingan ramalan dan aktual berdasarkan <i>in sample</i> (a) dan <i>out sample</i> di subsistem Ngimbang pukul 13.30 (b). | 66 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.26. Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE untuk mengukur keakuratan model di subsistem Ngimbang Pukul 13.30 | 67 |
| Gambar 4.27. Grafik MAPE, SMAPE, dan subsistem Paiton pukul 13.30 | 68 |
| Gambar 4.28. Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE Kediri pukul 13.30 | 68 |
| Gambar 4.29. Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE untuk mengukur keakuratan model di subsistem Krian pukul 15.00 | 69 |
| Gambar 4.30. Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE untuk mengukur keakuratan model di subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 | 70 |
| Gambar 4.31. Hasil perbandingan ramalan berdasarkan data <i>out sample</i> untuk metode MLP pada model Krian pukul 15.00 (a), Ngimbang pukul 13.30 (b), Kediri pukul 13.30 (c), Krian-Gresik pukul 14.00 (d), dan Paiton pukul 13.30 (e)..... | 81 |
| Gambar 4.32. Hasil perbandingan ramalan berdasarkan data <i>in sample</i> untuk metode MLP pada model Krian pukul 15.00 (a), Ngimbang pukul 13.30 (b), Kediri pukul 13.30 (c), Krian-Gresik pukul 14.00 (d), dan Paiton pukul 13.30 (e)..... | 82 |
| Gambar 4.33. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsistem Kediri pukul 13.30..... | 83 |
| Gambar 4.34. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsistem Paiton pukul 13.30..... | 83 |
| Gambar 4.35. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 13.30 | 84 |
| Gambar 4.36. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsistem Krian pukul 15.00 | 84 |
| Gambar 4.37. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 | 85 |
| Gambar 4.38. Hasil perbandingan ramalan dari metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan data <i>out sample</i> untuk model Krian-Gresik pukul 14.00 (a), Paiton pukul 13.30 (b), Kediri pukul 13.30 (c) Krian pukul 15.00 (d), dan Ngimbang 13.30 (e) | 95 |
| Gambar 4.39. Hasil perbandingan ramalan dari metode hibrida ARIMA & | |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| MLP berdasarkan data <i>in sample</i> untuk model Krian-Gresik pukul 14.00 (a), Paiton pukul 13.30 (b), Kediri pukul 13.30 (c) Krian pukul 15.00 (d), dan Ngimbang 13.30 (e)..... | 96 |
| Gambar 4.40. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan <i>out sample</i> di subsistem Krian Pukul 15.00 | 97 |
| Gambar 4.41. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan <i>out sample</i> Krian-Gresik Pukul 14.00 | 97 |
| Gambar 4.42. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan <i>out sample</i> di subsistem Ngimbang Pukul 13.30..... | 98 |
| Gambar 4.43. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan <i>out sample</i> di subsistem Kediri Pukul 13.30 | 99 |
| Gambar 4.44. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan <i>out sample</i> di subsistem Paiton Pukul 13.30 | 99 |
| Gambar 4.45. Antarmuka pemilihan metode | 104 |
| Gambar 4.46. Antarmuka pemilihan subsistem yang dianalisis | 104 |
| Gambar 4.47. Antarmuka metode ARIMA..... | 105 |
| Gambar 4.48. Antarmuka metode MLP..... | 105 |
| Gambar 4.49. Antarmuka metode hibrida ARIMA & MLP | 106 |

DAFTAR TABEL

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1.1 Persebaran wilayah setiap subsistem | 2 |
| Tabel 1.2 Kapasitas di setiap pembangkit | 2 |
| Tabel 1.3 Jumlah penjualan listrik setiap kelompok pelanggan..... | 3 |
| Tabel 1.4 Pembagian pemodelan di setiap subsistem | 7 |
| Tabel 2.1. Nilai λ dan <i>power transformation</i> | 14 |
| Tabel 2.2. Struktur ACF dan PACF yang stasioner | 16 |
| Tabel 2.3. Struktur ACF dan PACF identifikasi model ARIMA non-musiman.. | 16 |
| Tabel 3.1. <i>Load peak</i> di setiap subsistem..... | 32 |
| Tabel 3.2. Jumlah <i>load peak</i> di subsistem Krian setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015..... | 33 |
| Tabel 3.3. Jumlah <i>load peak</i> di subsistem Krian-Gresik setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015..... | 33 |
| Tabel 3.4. Jumlah <i>load peak</i> di subsistem Ngimbang setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015..... | 34 |
| Tabel 3.5. Jumlah <i>load peak</i> di subsistem kediri setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015..... | 34 |
| Tabel 3.6. Jumlah <i>load peak</i> di subsistem paiton setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015..... | 35 |
| Tabel 3.7. Lingkungan perancangan perangkat lunak..... | 41 |
| Tabel 4.1. Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur wilayah subsistem Paiton. | 43 |
| Tabel 4.2. Hasil analisis skewness dan kurtosis di setiap subsistem..... | 47 |
| Tabel 4.3. Pendugaan model ARIMA di setiap subsistem Jawa Timur..... | 55 |
| Tabel 4.4. Hasil uji signifikansi parameter pendugaan model ARIMA | 56 |
| Tabel 4.5. Hasil pengujian asumsi residual pendugaan model ARIMA | 56 |
| Tabel 4.6. Jumlah <i>outlier</i> di setiap subsistem | 58 |
| Tabel 4.7. Model ARIMA setelah dilakukan penambahan <i>outlier</i> | 58 |
| Tabel 4.8. Hasil uji signifikansi parameter model ARIMA $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ untuk subsistem Ngimbang 13.30 | 59 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.9. Hasil uji signifikansi parameter model ARIMA (0,1,1)(0,1,1) ⁷ untuk subsistem Paiton 13.30..... | 59 |
| Tabel 4.10. Hasil uji signifikansi parameter model ARIMA (0,1,[1,18])(0,1,1) ⁷ untuk subsistem Kediri 13.30..... | 59 |
| Tabel 4.11. Hasil uji signifikansi parameter model ARIMA (0,1,1)(0,1,1) ⁷ untuk subsistem Krian 15.00..... | 60 |
| Tabel 4.12. Hasil uji signifikansi parameter ARIMA (0,1,[1,6,12])(0,1,1) ⁷ untuk subsistem Krian-Gresik 14.00..... | 60 |
| Tabel 4.13. Hasil pengujian asumsi residual model ARIMA dengan <i>outlier</i> disetiap subsistem | 60 |
| Tabel 4.14. Nilai skewness dan kurtosis setelah dideteksi <i>outlier</i> | 63 |
| Tabel 4.15. Hasil Model ARIMA dengan deteksi <i>outlier</i> untuk setiap subsistem berdasarkan <i>in sample</i> | 70 |
| Tabel 4.16. Hasil Model ARIMA dengan deteksi <i>outlier</i> untuk setiap subsistem berdasarkan <i>out sample</i> | 71 |
| Tabel 4.17. Variabel <i>input</i> untuk metode MLP di setiap subsistem | 72 |
| Tabel 4.18. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 ... | 72 |
| Tabel 4.19. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 13.30 | 73 |
| Tabel 4.20. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian pukul 15.00 | 74 |
| Tabel 4.21. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Kediri pukul 13.30 | 74 |
| Tabel 4.22. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Paiton pukul 13.30 | 75 |
| Tabel 4.23. Daftar model terbaik berdasarkan <i>out sample</i> untuk setiap subsistem..... | 76 |
| Tabel 4.24. Daftar model terbaik berdasarkan <i>out sample</i> untuk setiap subsistem..... | 76 |
| Tabel 4.25. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem Krian-Gresik 14.00 | 77 |
| Tabel 4.26. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem Krian pukul 15.00..... | 78 |
| Tabel 4.27. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem Kediri pukul 13.30..... | 78 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.28. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem Ngimbang pukul 13.30 | 79 |
| Tabel 4.29. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem Paiton pukul 13.30..... | 80 |
| Tabel 4.30. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian- Gresik pukul 14.00 | 87 |
| Tabel 4.31. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 13.30 | 87 |
| Tabel 4.32. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian pukul 15.00 | 88 |
| Tabel 4.33. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Kediri pukul 13.30 | 89 |
| Tabel 4.34. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Paiton pukul 13.30 | 89 |
| Tabel 4.35. Hasil model terbaik untuk metode hibrida ARIMA dan MLP disetiap subsistem..... | 90 |
| Tabel 4.36. Arsitektur model hibrida ARIMA dan MLP | 91 |
| Tabel 4.37. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 | 91 |
| Tabel 4.38. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Krian pukul 15.00 | 92 |
| Tabel 4.39. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Ngimbang pukul 13.30 | 92 |
| Tabel 4.40. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Kediri pukul 13.30..... | 93 |
| Tabel 4.41. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Paiton pukul 13.30..... | 94 |
| Tabel 4.42. Hasil model kebaikan ramalan <i>out sample</i> metode ARIMA. | 100 |
| Tabel 4.43. Hasil model kebaikan ramalan <i>out sample</i> metode MLP..... | 101 |
| Tabel 4.44. Hasil model kebaikan ramalan <i>out sample</i> metode hibrida ARIMA dan MLP..... | 101 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.45. Hasil <i>error</i> MAPE, SMAPE, RMSE, berdasarkan peramalan beberapa hari kedepannya berdasarkan <i>out sample</i> | 102 |
| Tabel 4.46. Hasil kombinasi lag AR untuk metode MLP berdasarkan <i>out</i> <i>sample</i> | 102 |
| Tabel 4.47. Hasil kombinasi lag AR untuk metode hibrida ARIMA dan MLP berdasarkan <i>out sample</i> | 103 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1: Data konsumsi beban listrik di subsistem Krian dari 1/1/2014 – 8/2/2015 | 115 |
| Lampiran 2: Data konsumsi beban listrik di subsistem Ngimbang dari 1/1/2014 - 28/2/2015 | 117 |
| Lampiran 3: Data konsumsi beban listrik di subsistem Krian-Gresik dari 1/1/2014 – 28/2/2015 | 119 |
| Lampiran 4: Data konsumsi beban listrik di subsistem Kediri dari 1/1/2014 – 28/2/2015 | 121 |
| Lampiran 5: Data konsumsi beban listrik di subsistem Paiton dari 1/1/2014 – 28/2/2015 | 123 |
| Lampiran 6: Peta persebaran distribusi listrik di Jawa Timur | 125 |
| Lampiran 7: Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur wilayah subsistem Krian | 126 |
| Lampiran 8: Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur wilayah subsistem Kediri | 128 |
| Lampiran 9: Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur wilayah subsistem Krian-Gresik | 130 |
| Lampiran 10: Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur wilayah subsistem Ngimbang | 132 |
| Lampiran 11: <i>Time series plot</i> konsumsi listrik di subsistem Kediri (a), Ngimbang (b), Krian (c), dan Krian-Gresik (d) | 134 |
| Lampiran 12: <i>Time series plot</i> konsumsi listrik di subsistem Kediri 18.30 (a), Kediri 05.30 (b), Krian 11.00 (c), Krian 23.00 (d), Krian-Gresik 15.00 (e), Krian-Gresik 22.30 (f), Ngimbang 19.30 (g), Ngimbang 22.30 (h), Paiton 18.30 (i), dan Paiton 22.30 (j). | 135 |
| Lampiran 13: <i>Box-Cox Transformation</i> konsumsi listrik di di subsistem Kediri 05.30 (a), Kediri 18.30 (b), Krian 11.00 (c), Krian 23.00 (d), Krian-Gresik 15.00 (e), Krian-Gresik 22.30 (f), Ngimbang | |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 19.30 (g), Ngimbang 22.30 (h), Paiton 18.30 (i), dan Paiton 22.30 (j). | 137 |
| Lampiran 14: Plot ACF Krian 11.00 (a), ACF Krian 23.00 (b), PACF Krian 11.00 <i>differencing</i> 7 (c), ACF Krian 11.00 <i>differencing</i> 7 (d), PACF Krian 23.00 <i>differencing</i> 7 (e), ACF Krian 23.00 <i>differencing</i> 7 (f), PACF Krian 11.00 <i>differencing</i> 7 dan 1 (g), ACF Krian 11.00 <i>differencing</i> 7 dan 1 (h), PACF Krian 23.00 <i>differencing</i> 7 dan 1 (i), ACF Krian 23.00 <i>differencing</i> 7 dan 1 (j) | 139 |
| Lampiran 15: Plot ACF Krian-Gresik 22.30 (a), ACF Krian-Gresik 15.00 (b), PACF Krian-Gresik 15.00 <i>differencing</i> 7 (c), ACF Krian-Gresik 15.00 <i>differencing</i> 7 (d), PACF Krian-Gresik 22.30 <i>differencing</i> 7 (e), ACF Krian - Gresik 22.30 <i>differencing</i> 7 (f), PACF Krian-Gresik 15.00 <i>differencing</i> 7 dan 1 (g), ACF Krian-Gresik 15.00 <i>differencing</i> 7 dan 1 (h), PACF Krian - Gresik 22.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (i), ACF Krian - Gresik 22.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (j)..... | 141 |
| Lampiran 16: Plot ACF dan PACF Subsistem Kediri 05.30 (a), ACF Kediri 18.30 (b), PACF Kediri 18.30 <i>differencing</i> 7 (c), ACF Kediri 18.30 <i>differencing</i> 7 (d), PACF Kediri 05.30 <i>differencing</i> 7 (e), Kediri 05.30 <i>differencing</i> 7 (f), PACF Kediri 18.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (g), ACF Kediri 18.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (h), PACF Kediri 05.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (i), ACF Kediri 05.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (j) | 143 |
| Lampiran 17: Plot ACF dan PACF Subsistem Paiton 22.30 (a), ACF Kediri 18.30 (b), PACF Paiton 18.30 <i>differencing</i> 7 (c), ACF Paiton 18.30 <i>differencing</i> 7 (d), PACF Paiton 22.30 <i>differencing</i> 7 (e), ACF Paiton 22.30 <i>differencing</i> 7 (f), PACF Paiton 18.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (g), ACF Paiton 18.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (h), PACF Paiton 22.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (i), ACF Paiton 22.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (j) | 145 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 18: Plot ACF dan PACF Subsistem Ngimbang 22.30 (a), ACF Ngimbang 19.30 (b), PACF Ngimbang 19.30 <i>differencing</i> 7 (c), ACF Ngimbang 19.30 <i>differencing</i> 7 (d), PACF Ngimbang 22.30 <i>differencing</i> 7 (e), ACF Ngimbang 22.30 <i>differencing</i> 7 (f), PACF Ngimbang 19.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (g), ACF Ngimbang 19.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (h), PACF Ngimbang 22.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (i), ACF Ngimbang 22.30 <i>differencing</i> 7 dan 1 (j)..... | 147 |
| Lampiran 19: Hasil uji signifikansi parameter pendugaan model ARIMA | 149 |
| Lampiran 20: Hasil pengujian asumsi residual pendugaan model ARIMA di setiap subsistem | 150 |
| Lampiran 21: Hasil uji signifikansi model ARIMA di setiap subsistem dengan penambahan <i>outlier</i> | 152 |
| Lampiran 22: Hasil pengujian asumsi residual model ARIMA dengan <i>outlier</i> disetiap subsistem | 155 |
| Lampiran 23: Hasil ramalan data <i>out sample</i> dengan model ARIMA untuk subsistem Ngimbang | 157 |
| Lampiran 24: Hasil ramalan data <i>out sample</i> dengan model ARIMA untuk subsistem Paiton..... | 158 |
| Lampiran 25: Hasil ramalan data <i>out sample</i> dengan model ARIMA untuk subsistem Kediri..... | 159 |
| Lampiran 26: Hasil ramalan data <i>out sample</i> dengan model ARIMA untuk subsistem Krian..... | 160 |
| Lampiran 27: Hasil ramalan data <i>out sample</i> dengan model ARIMA untuk subsistem Krian-Gresik..... | 161 |
| Lampiran 28: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Ngimbang pukul 19.30 berdasarkan <i>in sample</i> (a), <i>out sample</i> (b), Ngimbang pukul 22.30 berdasarkan <i>in sample</i> (c), dan berdasarkan <i>out sample</i> (d)..... | 162 |
| Lampiran 29: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Paiton pukul 18.30 berdasarkan <i>in sample</i> (a), | |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>out sample</i> (b), Paiton pukul 22.30 berdasarkan <i>in sample</i> (c), dan berdasarkan <i>out sample</i> (d) | 163 |
| Lampiran 30: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Kediri pukul 18.30 berdasarkan <i>in sample</i> (a), <i>out sample</i> (b), Kediri pukul 05.30 berdasarkan <i>in sample</i> (c), dan berdasarkan <i>out sample</i> (d) | 164 |
| Lampiran 31: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Krian pukul 11.00 berdasarkan <i>in sample</i> (a), <i>out sample</i> (b), Krian pukul 23.00 berdasarkan <i>in sample</i> (c), dan berdasarkan <i>out sample</i> (d) | 165 |
| Lampiran 32: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Krian-Gresik pukul 15.00 berdasarkan <i>in</i> <i>sample</i> (a), <i>out sample</i> (b), Krian-Gresik pukul 22.30 berdasarkan <i>in sample</i> (c), dan berdasarkan <i>out sample</i> (d) | 166 |
| Lampiran 33: Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem Ngimbang | 167 |
| Lampiran 34: Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem Paiton | 168 |
| Lampiran 35: Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem Kediri | 169 |
| Lampiran 36: Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem Krian | 170 |
| Lampiran 37 : Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem Krian-Gresik | 171 |
| Lampiran 38 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian pukul 11.00 | 172 |
| Lampiran 39 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian pukul 23.00 | 174 |
| Lampiran 40 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 15.00 | 175 |
| Lampiran 41 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 22.30 | 176 |
| Lampiran 42 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Kediri pukul 18.30 | 177 |
| Lampiran 43 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Kediri pukul 05.30 | 178 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 44 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Paiton pukul 18.30..... | 179 |
| Lampiran 45 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Paiton pukul 22.30..... | 180 |
| Lampiran 46 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 19.30..... | 181 |
| Lampiran 47 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 22.30..... | 182 |
| Lampiran 48 : Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di setiap subsistem..... | 183 |
| Lampiran 49 : Persamaan model MLP untuk setiap subsistem | 186 |
| Lampiran 50 : Persamaan model ARIMA untuk setiap subsistem | 190 |
| Lampiran 51: Hasil Percobaan hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian pukul 11.00 | 192 |
| Lampiran 52: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian pukul 23.00 | 194 |
| Lampiran 53: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 15.00 | 195 |
| Lampiran 54: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 22.30 | 196 |
| Lampiran 55: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Kediri pukul 18.30 | 197 |
| Lampiran 56: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Kediri pukul 05.30 | 198 |
| Lampiran 57: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Paiton pukul 18.30 | 199 |
| Lampiran 58: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Paiton pukul 22.30 | 200 |
| Lampiran 59: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 19.30..... | 201 |
| Lampiran 60: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 22.30..... | 202 |
| Lampiran 61: Hasil ramalan konsumsi beban listrik di setiap subsistem. | 203 |

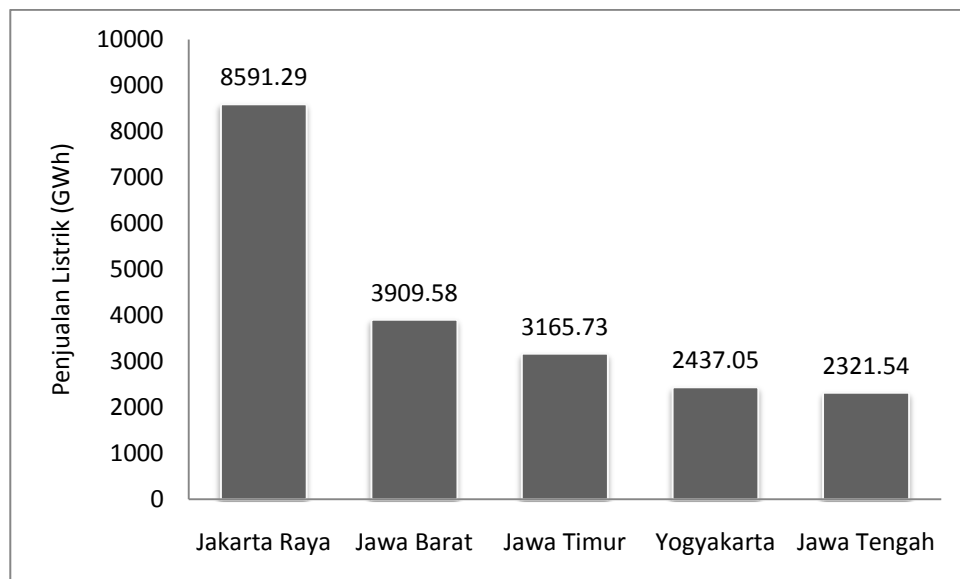
| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 62: <i>Time series plot</i> hasil ramalan disetiap subsistem dengan metode MLP berdasarkan data <i>out sample</i> Ngimbang 19.30 (a), Ngimbang 22.30 (b), Kediri 18.30 (c), Kediri 05.30 (d), Krian 11.00 (e), Krian 23.00 (f), Krian-Gresik 15.00 (g), Krian-Gresik 22.30 (h), Paiton 18.30 (i), Paiton 22.30 (j)..... | 207 |
| Lampiran 63: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Ngimbang | 209 |
| Lampiran 64: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Paiton | 210 |
| Lampiran 65: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Kediri | 211 |
| Lampiran 66: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Krian | 212 |
| Lampiran 67: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Krian-gresik | 213 |
| Lampiran 68: <i>Times series plot</i> hasil ramalan berdasarkan <i>out sample</i> pada metode hibrida ARIMA & MLP disetiap susistem | 214 |
| Lampiran 69: Nilai Bobot dan Bias dengan metode hibrida ARIMA & MLP di setiap subistem..... | 216 |
| Lampiran 70: Persamaan pada metode hibrida ARIMA & MLP untuk setiap subsistem | 220 |
| Lampiran 71: Grafik nilai MAPE, SMAPE, dan RMSE disetiap subsistem dengan metode Hibrida ARIMA & MLP | 224 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Di Indonesia, wilayah pemasaran listrik terbagi menjadi tiga wilayah besar yaitu wilayah Sumatera, Jawa-Bali dan Indonesia Timur. Pemasaran listrik di ketiga wilayah tersebut terdiri dari beberapa sektor, yaitu sektor industri, rumah tangga, usaha, dan umum. Peningkatan akan kebutuhan listrik diperkirakan akan terus mengalami pertumbuhan rata-rata 6,5% per tahun hingga tahun 2020. Berdasarkan data statistik PLN 2014 yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 penjualan energi listrik ke pelanggan di wilayah Jawa-Bali menunjukkan bahwa wilayah Jakarta Raya menduduki peringkat pertama, peringkat kedua diduduki oleh wilayah Jawa barat, dan Jawa Timur menduduki peringkat ketiga (BPPT, 2006).



Gambar 1.1 Grafik penjualan energi listrik tahun 2014

Distribusi Jawa Timur diatur oleh PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali. Region Jawa Timur terbagi menjadi lima wilayah subsistem distribusi, yaitu subsistem Krian, Paiton, Ngimbang, Kediri dan Krian-Gresik. Masing-masing subsistem mensuplai energi listrik di beberapa wilayah kabupaten dan kota. Setiap subsistem disuplai dari beberapa pembangkit yang berbeda-beda yang tersebar di

beberapa daerah. Pembagian suplai listrik di setiap subsistem dijelaskan di Tabel 1.1. Setiap pembangkit mempunyai kapasitas yang berbeda seperti pada Tabel 1.2.

Tabel 1.1 Persebaran wilayah setiap subsistem

| No | Subsistem | Persebaran Wilayah | Pembangkit |
|----|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Krian | Kota Surabaya Barat, Sidoarjo | <ul style="list-style-type: none"> • PLTA Siman • PLTA Mendalan • PLTGU Gresik B-1 |
| 2 | Ngimbang | Bojonegoro, Lamongan, Tuban | <ul style="list-style-type: none"> • PLTU Tanjung Awar-Awar 1 • PLTU Tanjung Awar-Awar 2 |
| 3 | Krian-Gresik | Bangkalan, Pamekasan, Sumenep, Sampang, Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, Surabaya Pusat | <ul style="list-style-type: none"> • PLTGU Gresik B-2 • PLTGU Gresik B-3 • PLTGU Gilitimur |
| 4 | Paiton | Banyuwangi, Jember, Lumajang, Situbondo, Bondowoso, Pasuruan, Probolinggo, Kabupaten Malang, Kota Malang, Kota Batu, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan | <ul style="list-style-type: none"> • PLTGU Grati Blok 2 • PLTA Sutami • PLTA Sengguruh • PLTA Selorejo • PLTA Wlingi • PLTA Ledoyo • PLTU Paiton |
| 5 | Kediri | Kediri, Kabupaten Blitar, Kota Blitar, Kota Kediri, Tulungagung, Kabupaten Mojokerto, Kota Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Ponorogo, Pacitan, Trenggalek, Kabupaten Madiun, Kota Madiun, Magetan, Ngawi | <ul style="list-style-type: none"> • PLTA Tulungagung • PLTA Wonorejo • PLTA SPM • PLTU Pacitan 1 • PLTU Pacitan 2 |

Tabel 1.2 Kapasitas di setiap pembangkit

| No | Nama Pembangkit | Kapasitas (MW) |
|----|--------------------------|----------------|
| 1 | PLTA Siman | 10,8 |
| 2 | PLTA Mendalan | 17,4 |
| 3 | PLTU Tanjung Awar-Awar 1 | 350 |
| 4 | PLTU Tanjung Awar-Awar 2 | 350 |
| 5 | PLTGU Gresik B-2 | 566,26 |
| 6 | PLTGU Gresik B-3 | 566,26 |
| 7 | PLTGU Gresik B-1 | 300 |
| 8 | PLTGU Gilitimur | 40 |

Tabel 1.2: Lanjutan

| No | Nama Pembangkit | Kapasitas (MW) |
|----|--------------------|----------------|
| 9 | PLTGU Grati Blok 2 | 526 |
| 10 | PLTA Sutami | 105 |
| 11 | PLTA Sengguruh | 29 |
| 12 | PLTA Selorejo | 45 |
| 13 | PLTA Wlingi | 54 |
| 14 | PLTA Ledoyo | 205 |
| 15 | PLTU Paiton | 800 |
| 16 | PLTA Tulungagung | 36 |
| 17 | PLTA SPM | 187 |
| 18 | PLTU Pacitan 1 | 315 |
| 19 | PLTU Pacitan 2 | 315 |
| 20 | PLTA Wonorejo | 6,5 |

Setiap daerah kabupaten dan kota memiliki jumlah penjualan listrik yang berbeda-beda. Pelanggan PT. PLN (Persero) terbagi menjadi beberapa kelompok pelanggan yaitu kelompok pelanggan industri terdiri dari pabrik-pabrik, kelompok bisnis terdiri dari tempat pembelanjaan umum (mall dan pasar), kelompok publik terdiri dari penerangan jalan umum, dan instansi pemerintah, kelompok sosial terdiri dari sekolah, tempat ibadah, dan rumah sakit yang dibiayai oleh pihak swasta, dan yang terakhir adalah kelompok rumah tangga. Penjualan listrik di masing-masing kelompok pelanggan dalam setiap subsistem dijelaskan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Jumlah penjualan listrik setiap kelompok pelanggan

| Pelanggan(Kwh) | Krian | Paiton | Kediri | Krian-Gresik | Ngimbang |
|----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Sosial | 4.581.513 | 19.070.778 | 14.322.731 | 30.888.633 | 4.214.449 |
| Rumah Tangga | 59.770.532 | 287.271.042 | 283.324.107 | 278.938.028 | 68.843.335 |
| Bisnis | 23.672.822 | 61.305.143 | 46.282.381 | 169.527.090 | 17.011.477 |
| Industri | 270.017.094 | 257.859.249 | 210.652.524 | 259.915.481 | 125.506.950 |
| Publik | 4.694.447 | 21.912.946 | 17.598.644 | 24.468.773 | 4.051.234 |

Wilayah Jawa Timur memiliki nilai SAIDI dan SAIFI yang cukup besar setelah wilayah Jawa Barat. Presentase SAIDI Jawa Timur 2.97% sedangkan SAIFI 2.75%. SAIDI merupakan salah satu indeks yang digunakan untuk mengetahui rata-rata lama pemadaman pada setiap pelanggan yang dilayani sedangkan SAIFI merupakan suatu indeks yang digunakan untuk mengetahui rata-rata frekuensi pemadaman pada setiap pelanggan. Salah satu penyebab pemadaman yang terjadi karena adanya *overload* (kelebihan kapasitas) dimana jumlah pasokan energi listrik kurang dari permintaan konsumen sehingga akan terjadi pemadaman listrik (Saodah, 2008). Setiap 1% kesalahan yang terjadi dalam

penyediaan listrik akan mengakibatkan kerugian hingga Rp. 200 Miliar lebih (Bunn & Farmer, 1985).

Oleh karena itu PT. PLN (Persero) harus menyediakan energi listrik yang tepat sasaran sesuai dengan kebutuhan konsumen untuk setiap subsistem wilayahnya karena hal ini berpengaruh kepada kepuasan pelanggan dan citra perusahaan dimata pelanggan. Sedangkan energi listrik sendiri adalah hasil dari perubahan energi mekanik yang tidak bisa disimpan, jika terjadi kehilangan energi listrik yang tidak tersalurkan secara tepat maka PT. PLN (Persero) akan mengalami kerugian. Maka perlu adanya perencanaan sistem distribusi yang tepat sasaran untuk menyalurkan energi listrik, agar energi yang tersalurkan tidak terbuang begitu saja. Perencanaan sistem distribusi ini dapat dilakukan dengan melakukan peramalan beban listrik jangka pendek yang bertujuan untuk memprediksi besarnya konsumsi listrik dalam jangka waktu menit, jam, maupun hari. Hal ini berguna untuk membantu perusahaan dalam membuat perencanaan produksi harian.

Prediksi beban listrik jangka pendek ini mempunyai peranan penting dalam *real-time control* dan fungsi kemananan dari suatu sistem manajemen energi. Jika hasil dari peramalan beban listrik jangka pendek ini menghasilkan akurasi yang tepat, maka akan didapatkan optimalisasi penyediaan energi listrik ke konsumen (Bunn & Farmer, 1985). Selain itu, dapat membantu bidang perencanaan dalam melakukan perencanaan produksi energi listrik harian di per subsistem distribusi sehingga bisa menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI yang akan berpengaruh pada peningkatan pendapatan PT. PLN (Persero), dalam perencanaan produksi energi listrik ini juga akan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi, misalnya faktor waktu yang dibutuhkan untuk produksi. Dimana setiap pembangkit mempunyai waktu produksi yang berbeda-beda tergantung jenis pembangkitnya.

Dengan adanya peramalan ini diharapkan juga akan mengoptimalkan kinerja pembangkit-pembangkit yang mensuplai per subsistem distribusi listrik yang sesuai dengan konsumsi pelanggan agar tidak ada energi listrik yang terbuang sia-sia ketika melakukan *load balancing* atau bahkan terjadinya kelebihan kapasitas pemakaian, dan hal ini juga membantu dalam proses penyeimbangan beban, dalam proses penyeimbangan beban ini (*load balancing*) sering kali terjadi *losses* energi jika jarak antara pembangkit dengan suatu wilayah sangat jauh (semakin

jauh lokasi pembangkit dengan wilayah terdistribusi, maka *losses* energi juga akan semakin banyak). Untuk meminimalisasi *losses* energi, perlu dilakukan pendistribusian yang efisien dari titik terdekat dengan pembangkit. Untuk itu perlu adanya peramalan beban puncak disetiap shift kerja PT. PLN (Persero) untuk setiap subsistemnya, agar tercipta rancangan distribusi antar pembangkit yang efisien. Selain itu setiap subsistem wilayah harus diketahui jumlah peramalan beban puncak listriknya karena disetiap pembangkit diperlukan adanya perencanaan pembangkit harian dalam memproduksi listrik, dimana PT. PLN (Persero) mempunyai pembangkit yang berasal dari jenis bahan bakar yang berbeda, misalnya PLTU jenis bahan bakar adalah batubara, PLTGU jenis bahan bakar adalah gas dan lain sebagainya. Hal ini mempengaruhi mekanisme dalam produksi listrik, jika bahan bakar yang dibutuhkan kurang dari kebutuhan, maka bahan bakar tidak dapat segera disediakan karena PT. PLN (Persero) harus membeli dari pihak ketiga terlebih dahulu, maka butuh waktu untuk untuk mendapatkannya. namun jika PT. PLN (Persero) terlalu banyak dalam menyimpan bahan bakar, hal ini akan berpengaruh pada kapasitas *inventory* yang akan mengalami kenaikan, *inventory* ini membutuhkan biaya yang cukup besar. Di setiap pembangkit juga mempunyai waktu persiapan produksi yang berbeda-beda. dimana waktu persiapan produksi bergantung pada jenis pembangkit yang akan dibangkitkan. PLTA membutuhkan waktu persiapan produksi sebesar 6 jam. PLTU membutuhkan waktu persiapan 8 jam. sedangkan PLTGU membutuhkan waktu persiapan 3 jam hingga 4 jam. Untuk itu, perlu adanya peramalan untuk mengetahui kebutuhan listrik di masa yang akan datang.

Terdapat banyak teknik yang dapat digunakan dalam peramalan beban listrik jangka pendek, diantaranya yaitu *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), *regresi linier*, *exponential smoothing*, dan lain sebagainya. Penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan oleh Soares dan Medeiros (2008), yang meneliti menggunakan data konsumsi listrik negara Brazil dengan menggunakan metode TLSAR, ARIMA, dan NN, dalam penelitian dihasilkan kesimpulan bahwa metode NN memberikan hasil yang tidak cukup signifikan. Penelitian lain yang juga berhubungan dengan beban listrik telah dilakukan oleh Azadeh (2010), pada penelitian tersebut menggunakan metode ANFIS untuk peramalan konsumsi listrik jangka panjang di Eropa. Peramalan konsumsi listrik jangka pendek di PT. PLN Gresik juga pernah dilakukan oleh Ristiana, Winahyu, dan Suhartono

(2008), dalam penelitian tersebut menggunakan model *autoregressive neural network* (MLP). Penelitian yang terkait juga telah dilakukan oleh Zhang (2003), dari studi literatur yang dilakukan pada penelitian tersebut, beberapa poin penting yang menjadi kesimpulan penelitian adalah ANN mampu memberikan performa yang memuaskan dalam melakukan peramalan dan terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi performa dari ANN. Kemudian penelitian lain mengenai peramalan konsumsi listrik jangka pendek dengan ARIMA musiman ganda dan *Elman-Recurrent Neural Network* pada data konsumsi listrik di Mengare Gresik menunjukkan adanya keterbatasan paket SAS dalam mengestimasi parameter model ARIMA musiman ganda dengan memasukkan efek *outlier*, yang merupakan hasil dari proses deteksi *outlier* (Endharta & Suhartono, 2009). Para peneliti sering kali melakukan pendekatan *trial-and-error* dalam menentukan konfigurasi optimal dari ANN. Namun salah satu kesulitan dari penggunaan ANN adalah penentuan variabel *input* yang sesuai agar menghasilkan model yang optimal. Untuk mengatasi hal ini dalam penelitian ini akan dicoba dengan menggunakan metode ARIMA sebagai penentu variabel lag AR yang nantinya akan digunakan dalam pemodelan MLP dan hibrida ARIMA & MLP.

Berdasarkan uraian diatas maka dalam penelitian ini akan dilakukan peramalan beban listrik jangka pendek yang dibutuhkan di pendistribusian listrik pada masing-masing wilayah Jawa Timur yang terdiri dari lima subsistem distribusi listrik, dimana peramalan akan dilakukan dengan metode hibrida ARIMA dan *Multilayer Perceptron*. Pemodelan dilakukan pada jam-jam tertentu di setiap subsistem yang mengalami *load peak* di pagi, siang, dan malam. Disistem kerja PT. PLN P3B Jawa Timur dan Bali, shift pagi dimulai dari jam 07.30 WIB hingga 14.30 WIB, shift siang dimulai dari jam 15.00 WIB hingga 22.00 WIB, dan shift malam dimulai dari 22.30 WIB hingga 07.00 WIB. Setiap shift kerja dan disetiap subsistem memiliki *load peak* yang berbeda-beda dikarenakan adanya perbedaan jumlah penjualan listrik disetiap daerah yang telah dijelaskan pada Tabel 1.3, untuk itu disetiap shift kerja, selalu dibuat perencanaan pembangkit disetiap harinya untuk proses *load balancing*. Dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tambahan kepada PT. PLN (Persero) maupun pihak terkait untuk mengoptimalkan pendistribusian energi listrik berdasarkan hasil model terbaik dari metode yang digunakan. Pemilihan *load*

peak untuk setiap subsistem akan dijelaskan pada subbab (3.1) yaitu model shift pagi, shift siang, dan shift malam sesuai pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Pembagian pemodelan di setiap subsistem

| Subsistem | Shift Pagi | Shift Siang | Shift Malam |
|--------------|------------|-------------|-------------|
| Ngimbang | 13.30 | 19.30 | 22.30 |
| Krian | 11.00 | 15.00 | 22.30 |
| Krian-Gresik | 14.00 | 15.00 | 22.30 |
| Paiton | 13.30 | 18.30 | 22.30 |
| Kediri | 13.30 | 18.30 | 05.30 |

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik pemakaian beban listrik di masing-masing subsistem Jawa Timur pada tahun 2014 dan 2015 dimana di Jawa Timur terbagi menjadi lima subsistem distribusi listrik yaitu subsistem Krian, Paiton, Ngimbang, Kediri, dan Krian-Gresik?
2. Bagaimana hasil terbaik dari masing-masing model yang terbentuk dari metode ARIMA, *Multilayer Perceptron*, dan hibrida ARIMA & *Multilayer Perceptron* untuk peramalan beban listrik di Jawa Timur dimasing-masing subsistem?
3. Berdasarkan ketiga metode yang digunakan, metode apa yang paling sesuai dalam meramalkan beban listrik di Jawa Timur dimasing-masing subsistem?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik dari pemakaian beban listrik per setengah jam di masing-masing subsistem Jawa Timur pada tahun 2014 dan 2015 dimana di Jawa Timur terbagi menjadi lima subsistem distribusi listrik yaitu subsistem Krian, Paiton, Ngimbang, Kediri, dan Krian-Gresik.
2. Mendapatkan model ARIMA, *Multilayer Perceptron*, dan hibrida ARIMA dan *Multilayer Perceptron* yang sesuai untuk peramalan jangka pendek beban listrik di Jawa Timur di masing-masing subsistem.
3. Mendapatkan metode yang sesuai untuk meramalkan konsumsi beban listrik jangka pendek di Jawa Timur di masing-masing subsistem.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi kepada PT. PLN P3B Jawa Timur & Bali untuk dapat mengoptimalkan pendistribusian listrik di Jawa Timur pada periode kedepan yang membantu dalam perencanaan penyediaan produksi listrik yang optimal. Manfaat bagi peneliti dapat mengetahui hasil dan proses kajian sistematis yang dilakukan dapat menjadi referensi bagi peneliti dalam menemukan konfigurasi terbaik dari metode ARIMA, *Multilayer Perceptron*, dan hibrida ARIMA dan *Multilayer Perceptron* untuk peramalan jangka pendek data *time series nonlinier*.

1.5 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini memiliki beberapa batasan. sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data konsumsi beban listrik per setengah jam di subsistem Jawa Timur pada tanggal 1 Januari 2014 Hingga 31 Maret 2015, dimana di Jawa Timur terbagi menjadi lima subsistem distribusi listrik yaitu subsistem Krian, Paiton, Ngimbang, Kediri, dan Krian-Gresik.
2. Peramalan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah peramalan jangka pendek selama 14 hari kedepan.

1.6 Kontribusi Penelitian

Kontribusi yang diberikan dari penelitian ini adalah melaksanakan kajian sistematis terhadap kinerja metode ARIMA, *Multilayer Perceptron*, dan hibrida ARIMA dan *Multilayer Perceptron* untuk mengetahui konfigurasi terbaik dalam memberikan hasil yang optimal bagi sistem peramalan data *time series nonlinier*.

1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini akan disajikan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini menyajikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan

Bab II Kajian Pustaka dan Dasar Teori

Bab ini menyajikan tentang kajian literatur mengenai teori dan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan yang mendasari penelitian.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini menyajikan metode dan langkah-langkah yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan penelitian ini.

Bab I V Hasil penelitian dan pembahasan

Bab ini menyajikan mengenai pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan dan analisis hasil penelitian yang diperoleh.

Bab V Kesimpulan dan saran

Bab ini menyajikan kesimpulan dan saran yang didapatkan dari pembahasan hasil penelitian.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar teori yang mendukung penelitian ini. Dasar teori yang akan dijelaskan terbagi menjadi beberapa sub bab yaitu analisis *time series*, model ARIMA, *Multilayer Perceptron*, dan hibrida ARIMA & *Multilayer Perceptron*. Diharapkan penjelasan pada bab ini dapat memberikan gambaran secara umum mengenai perangkat lunak.

2.1 Karakteristik Beban Di Setiap Subsistem

Wilayah distribusi Jawa Timur terdiri dari lima subsistem, yaitu subsistem Ngimbang, Krian, Krian-Gresik, Kediri, dan Paiton. Setiap subsistem mensuplai listrik untuk beberapa wilayah kota dan kabupaten yang berbeda. Subsistem Krian mensuplai wilayah Kota Surabaya Barat, Sidoarjo disuplai dari pembangkit PLTA Siman, PLTA Mendalan, dan PLTGU Gresik B-1. Subsistem Ngimbang mensuplai wilayah Bojonegoro, Lamongan, dan Tuban, disuplai dari pembangkit PLTU Tanjung Awar-Awar 1, dan PLTU Tanjung Awar-Awar 2. Subsistem Krian-Gresik mensuplai wilayah Bangkalan, Pamekasan, Sumenep, Sampang, Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Barat dari pembangkit PLTGU Gresik B-2, PLTGU Gresik B-3, dan PLTGU Gilitimur. Subsistem Paiton mensuplai wilayah Banyuwangi, Jember, Lumajang, Situbondo, Bondowoso, Pasuruan, Probolinggo, Kabupaten Malang, Kota Malang, Kota Batu, Kota Probolinggo, dan Kota Pasuruan disuplai dari pembangkit PLTGU Grati Blok-2, PLTA Sutami, PLTA Sengguruh, PLTA Selorejo, PLTA Wlingi, PLTA Ledoyo, dan PLTU Paiton. Subsistem Kediri mensuplai wilayah Kediri, Kabupaten Blitar, Kota Blitar, Kota Kediri, Tulungagung, Kabupaten Mojokerto, Kota Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Ponorogo, Pacitan, Trenggalek, Kabupaten Madiun, Kota Madiun, Magetan, dan Ngawi disuplai dari pembangkit PLTA Tulungagung, PLTA Wonorejo, PLTA SPM, PLTU Pacitan 1, dan PLTU Pacitan 2.

2.2 Peramalan

Peramalan adalah kegiatan memprediksi nilai-nilai sebuah variabel berdasarkan nilai-nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan

(Jumingan, 2009). Berdasarkan sifatnya, peramalan dibedakan atas dua macam, yaitu peramalan kualitatif dan peramalan kuantitatif. Peramalan kualitatif adalah peramalan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat tergantung pada orang yang menyusunnya.

Hal ini penting karena hasil peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang instuisi, pendapat, dan pengetahuan serta pengalaman penyusunnya. Sedangkan peramalan kuantitatif adalah peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Baik tidaknya metode yang digunakan ditentukan oleh perbedaan atau penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang akan terjadi maka semakin baik pula metode yang digunakan (Bowerman & O'Connell, 1993).

2.3 Analisis *Time Series*

Time series adalah serangkaian pengamatan terhadap suatu variabel yang diambil dari waktu ke waktu dan dicatat secara berurutan menurut urutan waktu kejadiannya dengan interval waktu yang konstan (Wei, 2006). Setiap pengamatan yang dilakukan dapat dinyatakan sebagai variabel random Z_t yang didapatkan berdasarkan indeks waktu tertentu t_i dimana $i = 1, 2, 3, \dots, n$, sehingga penulisan data *time series* adalah $Z_{t_1}, Z_{t_2}, Z_{t_3}, \dots, Z_{t_n}$. Ada beberapa hal penting yang harus dilakukan ketika melakukan analisis *time series* yaitu kestasioneran data, fungsi autokorelasi, dan fungsi autokorelasi parsial.

Ada 4 faktor yang mempengaruhi data *time series*. Dalam data ekonomi biasanya didapatkan adanya fluktuasi dari waktu ke waktu, atau disebut dengan variasi *time series*. Variasi ini biasanya disebabkan oleh adanya *trend factor*, fluktuasi siklis (*cyclical fluktuation*), variasi musiman (*seasonal variation*), dan pengaruh random (*irregular/random influences*).

2.3.1 Stasioneritas

Stasioneritas berarti bahwa tidak terdapat perubahan yang drastis pada data. Fluktuasi data berada disekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut (Cryer & Chan, 2008). Data *time series* dikatakan stasioner jika rata-rata dan variansinya konstan, tidak ada unsur *trend* dalam data, dan tidak ada unsur musiman.

Apabila data tidak stasioner, maka perlu dilakukan modifikasi untuk menghasilkan data yang stasioner. Salah satu cara yang umum dipakai adalah metode perbedaan (*differencing*). Untuk menentukan apakah *series* stasioner, *nonstasioner* dapat dibantu dengan melihat plot dari *series* atau bentuk *difference*-nya. Proses *differencing* dapat dilakukan untuk beberapa periode sampai data stasioner, yaitu dengan cara mengurangkan suatu data dengan data sebelumnya.

Selanjutnya stasioneritas dibagi menjadi dua (Wei, 2006) yaitu stasioner dalam *mean*, dan stasioner dalam variansi. Stasioner dalam *mean* adalah fluktuasi data berada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut. Dari bentuk plot data seringkali dapat diketahui bahwa data tersebut stasioner atau tidak stasioner.

Apabila dilihat dari plot ACF, maka nilai-nilai autokorelasi dari data stasioner akan turun menuju nol sesudah *time lag* (selisih waktu) kedua atau ketiga. Sedangkan stasioner dalam variansi adalah Suatu data *time series* dikatakan stasioner dalam variansi apabila struktur data dari waktu ke waktu mempunyai fluktuasi data yang tetap atau konstan dan tidak berubah-ubah. Secara visual untuk melihat hal tersebut dapat dibantu dengan menggunakan plot *time series*, yaitu dengan melihat fluktuasi data dari waktu ke waktu.

Apabila suatu *series* dalam pengujian stasioneritas variansi diketahui tidak stasioner, maka dapat diatasi dengan melakukan transformasi. Salah satu transformasi yang digunakan dalam menstasionerkan variansi adalah menggunakan *Power Transformation*. Rumus umum dari *Power Transformation* adalah sebagai berikut (Wei, 2006).

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad (2.1)$$

Dengan λ menunjukkan parameter *Power Transformation*. Jika $\lambda = 0$, maka dapat dilakukan pendekatan sebagai berikut:

$$\lim_{\lambda \rightarrow 0} T(Z_t) = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \left(\frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} \right) = \ln(Z_t) \quad (2.2)$$

Pada Tabel 2.1 merupakan beberapa nilai λ yang biasanya digunakan dan transformasi yang sesuai.

Tabel 2.1. Nilai λ dan *power transformation*

| Nilai Estimasi λ | Transformasi |
|--------------------------|--------------------------------|
| -1 | $1/Z_t$ |
| -0.5 | $1/\sqrt{Z_t}$ |
| 0 | $\ln Z_t$ |
| 0.5 | $\sqrt{Z_t}$ |
| 1 | Z_t (tidak ada transformasi) |

Data *time series* bersifat stasioner dalam *mean* jika plot *time series* berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yang konsisten. Apabila data *time series* dinyatakan tidak stasioner dalam *mean*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan *diffrencing*, secara umum proses *differencing* pada orde ke- d dapat dinyatakan sebagai berikut (Wei, 2006).

$$\Delta^d Z_t = (1 - B)^d Z_t \quad (2.3)$$

2.3.2 Autocorrelation Function (ACF)

Fungsi autokorelasi (ACF) digunakan untuk identifikasi pemodelan data *time series* dalam melihat kestasioneran dan memperlihatkan hubungan linier antara Z_t dengan Z_{t+k} yang dipisahkan dengan waktu lag k . Menurut (Wei, 2006) secara umum fungsi autokorelasi dirumuskan sebagai berikut.

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{\text{Var}(Z_t)}\sqrt{\text{Var}(Z_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (2.4)$$

Dan kovarians antara Z_t dan Z_{t+k} adalah sebagai berikut:

$$\gamma_k = \text{cov}(Z, Z_{t+k}) = E(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu) \quad (2.5)$$

Dimana γ_k adalah fungsi autokovarians dan ρ_k disebut sebagai fungsi autokorelasi (ACF) dalam proses analisis *time series*, yang menjelaskan kovarians dan korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} dari proses yang sama dan hanya dipisah oleh lag waktu ke- k dalam populasi. Menurut (Wei, 2006) fungsi autokorelasi yang dihitung berdasarkan sample data dituliskan sebagai berikut.

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2} = \frac{\hat{\gamma}_k}{\hat{\gamma}_0} \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (2.6)$$

2.3.3 Partial Autocorrelation Function (PACF)

PACF digunakan untuk mengukur korelasi antar pengamatan dengan jeda k dan mengontrol korelasi antar dua pengamatan dengan jeda kurang dari k (Wei, 2006).

$$P_k = \frac{\text{cov} [(Z_t - \hat{Z}_t)(Z_t - \hat{Z}_{t+k})]}{\sqrt{\text{var} (Z_t - \hat{Z}_t)} \sqrt{\text{var} (Z_t - \hat{Z}_{t+k})}} \quad (2.7)$$

Berikut adalah keterangan dari persamaan (2.7):

P_k : PACF teoritis

Z_t : nilai variabel *time series* pada waktu ke- t

Z_{t+k} : data yang dipisahkan oleh waktu ke- k dengan $k = 0, 1, 2, \dots, n$

\hat{Z}_t : dugaan dengan model linier

PACF pada suatu analisis *time series* digunakan untuk menentukan orde p model AR dengan syarat data sudah stasioner (Tsay, 2010). Sample PACF dinotasikan dengan $\hat{\phi}_{kk}$ dengan perhitungan sebagai berikut (Wei, 2006).

$$\hat{\phi}_{k+1,k+1} = \frac{\hat{\rho}_{k+1} - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{kj} \hat{\rho}_{k+1-j}}{1 - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{kj} \hat{\rho}_j} \quad (2.8)$$

Dimana $\hat{\phi}_{k+1,j} = \hat{\phi}_{kj} - \hat{\phi}_{k+1,k+1} \hat{\phi}_{k,k+1-j}$ untuk $j = 1, 2, \dots, k$.

2.4 Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

ARIMA merupakan suatu metode yang menghasilkan ramalan-ramalan berdasarkan sintesis dari pola data secara historis. ARIMA ini sama sekali mengabaikan variabel independen karena model ini menggunakan nilai sekarang dan nilai-nilai variabel dependen untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. Untuk peramalan jangka panjang ketepatan peramalannya biasanya akan cenderung konstan untuk periode yang cukup panjang. Metode ini sering disebut sebagai metode runtun waktu Box-Jenkins. Model ARIMA bisa digunakan dalam peramalan *time series* yang bersifat non stasioner. Metodologi Box-Jenkins dalam menentukan model ARIMA adalah sebagai berikut (Wei, 2006).

2.4.1 Identifikasi Model

Ketika melakukan pemodelan ARIMA hal pertama yang harus dilakukan adalah identifikasi model ARIMA dengan cara melihat plot *time series* (plot ACF dan PACF) sebagai acuan untuk menentukan orde p dan q pada model ARIMA

non-musiman lalu P dan Q dari model ARIMA musiman. Petunjuk pemilihan model ARIMA ditunjukkan dalam Tabel 2.2 (Wei, 2006).

Tabel 2.2. Struktur ACF dan PACF yang stasioner

| Model | ACF | PACF |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| AR (p) | <i>Dies down</i> | <i>Cuts off</i> setelah lag ke- p |
| MA (q) | <i>Cuts off</i> setelah lag ke- q | <i>Dies down</i> |
| ARMA (p,q) | <i>Dies down</i> | <i>Dies down</i> |

a. Model ARIMA non-musiman

ARIMA adalah gabungan antara model *Autoregressive* AR(p) dengan *Moving Average* MA(q) yang *didifferencing* oleh orde d . Menurut Wei (2006) bentuk persamaan untuk model ARIMA adalah sebagai berikut.

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)a_t \quad (2.9)$$

Berikut adalah keterangan dari persamaan 2.9:

p = orde *Autoregressive* (AR) non musiman

q = orde *Moving Average* (MA) non musiman

$\phi_p(B)$ = $1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$

$\theta_q(B)$ = $1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$

$(1-B)^d$ = *differencing* non musiman dengan orde d

a_t = residual yang sudah memenuhi asumsi *white noise*.

Menurut Wei (2006) bentuk-bentuk ACF dan PACF model ARIMA non-musiman ditunjukkan seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Struktur ACF dan PACF identifikasi model ARIMA non-musiman

| Model | ACF | PACF |
|---------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| AR(p) | Turun cepat secara eksponensial | Terputus (<i>cut off</i>) setelah lag ke- p |
| MA(q) | Terputus (<i>cut off</i>) setelah lag ke- q | Turun cepat secara eksponensial |
| ARMA(p,q) | Turun cepat secara eksponensial menuju nol setelah lag ($q-p$) | Turun cepat secara eksponensial menuju nol setelah lag ($p-q$) |

b. Model ARIMA Musiman

Musiman merupakan kejadian yang berulang pada periode ke- s artinya data-data yang dipisahkan dalam suatu musim penuh dapat memperlihatkan sifat yang sama pada musim berikutnya. Model ARIMA yang mempunyai efek musiman

dalam pengamatan waktu ke- t dinotasikan dengan ARIMA $(P, D, Q)^s$. Menurut Wei (2006) persamaan umum model ARIMA musiman adalah sebagai berikut.

$$\Phi_P(B^s)(1 - B^s)^D Z = \theta_Q(B^s)a_t, \quad (2.10)$$

Berikut adalah keterangan dari persamaan (2.10):

P = orde Autoregressive (AR) musiman

Q = orde Moving Average (MA) musiman

$\Phi_P(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_P B^{Ps}$

$\theta_Q(B^s) = 1 - \theta_1 B^s - \theta_2 B^{2s} - \dots - \theta_Q B^{Qs}$

$(1 - B^s)^D$ = differencing musiman dengan orde D periode s

a_t = residual yang sudah memenuhi asumsi white noise.

Namun jika terdapat efek musiman dan efek non-musiman dalam suatu model ARIMA, maka model yang terbentuk adalah model multiplikatif ARIMA $(p, d, q)(P, D, Q)^s$. Bentuk umum persamaannya sebagai berikut:

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1 - B)^d(1 - B^s)^D Z_t = \theta_q(B)\theta_Q(B^s)a_t. \quad (2.11)$$

c. Model ARIMA Subset

Jika model ARIMA tidak bisa dinyatakan dalam bentuk umum, maka model subset ARIMA merupakan solusinya. Berikut ini adalah contoh model subset untuk ARIMA $((0, 0, [1, 12, 13])$ dapat ditulis sebagai berikut (Suhartono & Subanar, 2005)

$$Z_t = a_t - \theta a_{t-1} - \theta_{12} a_{t-12} - \theta_{13} a_{t-13} \quad (2.12)$$

dimana θ_1 , θ_{12} dan θ_{13} menyatakan parameter dari model MA.

2.4.2 Estimasi Parameter

Secara umum estimasi parameter model ARIMA Box-Jenkins dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yaitu metode *Ordinary Least Square* (OLS). Metode *Maximum Likelihood*. *Conditional Least Square* (CLS). *Non Linier estimation* Namun metode penaksiran yang sering digunakan adalah *Conditional Least Square*. Metode ini bekerja dengan membuat *error* yang tidak diketahui sama dengan nol dan meminimumkan jumlah kuadrat *error* (SSE). Misalkan diterapkan pada model AR(1) dan dinyatakan sebagai berikut (Cryer & Chan, 2008)

$$Z_t - \mu = \phi(Z_{t-1} - \mu) + a_t, \quad (2.13)$$

dan nilai SSE adalah sebagai berikut:

$$S(\phi, \mu) = \sum_{t=2}^n a_t^2 = \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)]^2. \quad (2.14)$$

Lalu diturunkan terhadap μ dan ϕ lalu disamakan dengan nol. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menaksir nilai μ .

$$\frac{\partial S}{\partial \phi} = \sum_{t=2}^n 2[(Z_t - \hat{\mu}) - \hat{\phi}(Z_{t-1} - \hat{\mu})](-Z_{t-1} - \hat{\mu}) = 0 \quad (2.15)$$

$$-2 \sum_{t=2}^n [(Z_t - \hat{\mu}) - \hat{\phi}(Z_{t-1} - \hat{\mu})](Z_{t-1} - \hat{\mu}) = 0 \quad (2.16)$$

$$-2 \sum_{t=2}^n (Z_t - \hat{\mu})(Z_{t-1} - \hat{\mu}) - \hat{\phi} \sum_{t=2}^n (Z_{t-1} - \hat{\mu})^2 = 0 \quad (2.17)$$

$$-2 \sum_{t=2}^n (Z_t - \hat{\mu})(Z_{t-1} - \hat{\mu}) + 2\hat{\phi} \sum_{t=2}^n (Z_{t-1} - \hat{\mu})^2 = 0 \quad (2.18)$$

$$-2 \sum_{t=2}^n (Z_t - \bar{Z})(Z_{t-1} - \bar{Z}) + 2\hat{\phi} \sum_{t=2}^n (Z_{t-1} - \bar{Z})^2 = 0 \quad (2.19)$$

$$2\hat{\phi} \sum_{t=2}^n (Z_{t-1} - \bar{Z})^2 = 2 \sum_{t=2}^n (Z_t - \bar{Z})(Z_{t-1} - \bar{Z}). \quad (2.20)$$

Kemudian didapatkan nilai taksiran sebagai berikut.

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{t=2}^n (Z_t - \bar{Z})(Z_{t-1} - \bar{Z})}{\sum_{t=2}^n (Z_{t-1} - \bar{Z})^2}. \quad (2.21)$$

Misalnya untuk model MA(1) adalah sebagai berikut

$$z_t = a_t - \theta a_{t-1}. \quad (2.22)$$

Untuk mempermudah mengestimasi ϕ maka model MA(1) dibawa ke model AR dengan orde tak hingga

$$Z_t = -\theta Z_{t-1} - \theta^2 Z_{t-2} - \dots - a_t. \quad (2.23)$$

Sehingga, ϕ dapat diestimasi menggunakan metode *conditional least squares* dengan meminimumkan persamaan sebagai berikut.

$$S(\theta) = \sum_{t=2}^n (Z_t + \theta Z_{t-1} + \theta^2 Z_{t-2} + \dots)^2. \quad (2.24)$$

Setelah parameter didapatkan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian signifikansi parameter dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \beta_m = 0$ (parameter tidak signifikan)

$H_1 : \beta_m \neq 0$ (parameter signifikan)

Dimana β_m adalah notasi dari parameter ϕ_m dan θ_m dengan statistik uji yang digunakan adalah .

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_m}{se(\hat{\beta}_m)} \quad (2.25)$$

Daerah Kritis: Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2, n-c}$ artinya adalah parameter telah signifikan dan model dapat digunakan untuk peramalan, nilai n menunjukkan banyaknya pengamatan dan c adalah banyaknya parameter yang diestimasi.

2.4.3 Pemeriksaan Diagnostik

Pemeriksaan diagnostik ini bertujuan untuk menguji asumsi *white noise* pada residual. Residual bersifat *white noise* jika residual yang didapatkan saling independen dalam deret residual, identik, atau residual bersifat homogen dan berdistribusi normal. Dalam pengujian *white noise* ini adalah uji *Ljung Box-Pierce* (LBQ) dengan hipotesis sebagai berikut (Cryer & Chan, 2008).

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu nilai } \rho_k \neq 0 \text{ untuk } k = 1, 2, \dots, K$$

Dengan statistik uji yang digunakan adalah:

$$Q^* = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k} \quad (2.26)$$

Berikut adalah keterangan dari persamaan (2.26):

Q^* = statistik uji Ljung-Box

$\hat{\rho}_k$ = autokorelasi residual pada lag ke- k

n = banyaknya pengamatan

daerah kritis : Tolak H_0 jika $Q^* > X_{\alpha}^2 \cdot df = K - p - q$ dimana p dan q masing-masing menyatakan orde AR dan MA dalam model.

Pengujian selanjutnya yaitu uji asumsi residual berdistribusi normal. Pengujian ini biasanya menggunakan uji Kolmogrov-Smirnov dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : F(a_t) = F_0(a_t) \text{ (residual berdistribusi Normal)}$$

$$H_1 : F(a_t) \neq F_0(a_t) \text{ (residual tidak berdistribusi Normal)}$$

dengan statistik uji yang digunakan adalah :

$$D = \sup_{a_t} |S(a_t) - F_0(a_t)| \quad (2.27)$$

Keterangan:

$S(a_t)$ = fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari data sampel

$F_0(a_t)$ = fungsi peluang kumulatif distribusi normal

$F(a_t)$ = fungsi distribusi yang belum diketahui

\sup_{a_t} = nilai *supremum* semua a_t dari $|S(a_t) - F_0(a_t)|$

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $D > D_{(1-\alpha, n)}$, di mana α adalah taraf signifikansi dan n adalah ukuran sampel.

2.4.4 Pemilihan Model Terbaik

Untuk mendapatkan model terbaik bisa dilakukan berdasarkan kriteria *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE adalah rata-rata kuadrat dari perbedaan nilai estimasi dengan nilai observasi suatu variabel, Jika nilai RMSE semakin kecil maka model semakin valid dan hasil ramalan mendekati nilai aktual atau sesungguhnya. Berikut rumus umum dari RMSE sebagai berikut.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{l=1}^L (Y_{n+l} - \hat{Y}_n(l))^2} \quad (2.28)$$

Berikut adalah keterangan dari persamaan 2.28:

L = banyaknya data *out-sample*

Y_{n+l} = nilai *out of sample* ke- l

$\hat{Y}_n(l)$ = hasil nilai ramalan *out of sample*.

Selain menggunakan RMSE sebagai pemilihan model terbaik, terdapat juga *Symmetric Mean Absolute Percentage Error* (SMAPE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Rumus umum dari SMAPE dan MAPE adalah sebagai berikut.

$$\text{MAPE} = \left[\frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \left| \frac{Y_{n+l} - \hat{Y}_n(l)}{Y_{n+l}} \right| \right] \times 100 \quad (2.29)$$

$$\text{SMAPE} = \left[\frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \frac{|Y_{n+l} - \hat{Y}_n(l)|}{\frac{|Y_{n+l}| + |\hat{Y}_n(l)|}{2}} \right] \times 100 \quad (2.30)$$

Berikut adalah penjelasan dari persamaan (2.30):

Y_{n+l} : data aktual *out sample* ke- l , $l = 1, 2, 3, \dots, L$

$\hat{Y}_n(l)$: data hasil ramalan *out sample* ke- l

2.5 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan adalah sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan saraf biologi. Jaringan saraf tiruan dibentuk

sebagai generalisasi model matematika dari jaringan saraf biologi, dengan asumsi bahwa:

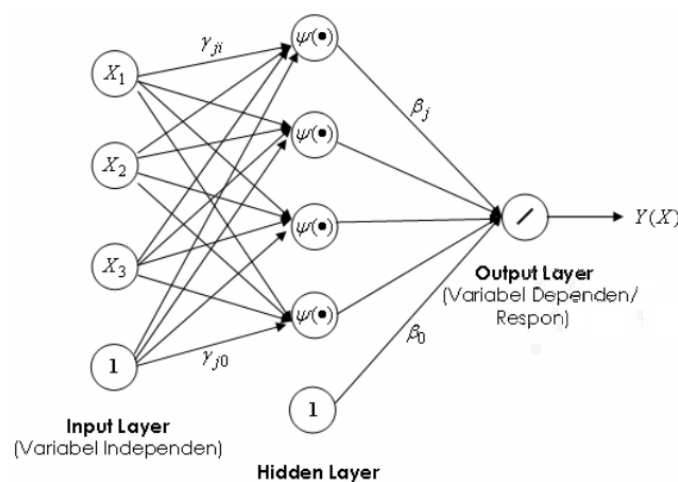
- Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (neuron).
- Sinyal dikirimkan diantara neuron-neuron melalui penghubung-penghubung.
- Penghubung antara neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.
- Untuk menentukan *output*, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi yang dikenakan pada jumlahan *input* yang diterima.

Jaringan saraf tiruan memiliki tiga macam komponen utama yang dibutuhkan untuk membangun model, yaitu:

- Pola hubungan antar neuron (arsitektur jaringan).
- Metode untuk menentukan bobot penghubung (metode *training* / algoritma *learning*).
- Fungsi aktivasi.

2.5.1 Arsitektur *Multilayer Perceptron*

Jaringan dengan banyak lapisan memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan *input* dan lapisan *output*. Umumnya terdapat lapisan-lapisan bobot yang terletak antara dua lapisan yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit daripada lapisan dengan lapisan tunggal, dengan pembelajaran yang lebih rumit seperti pada **Gambar 2.1**.



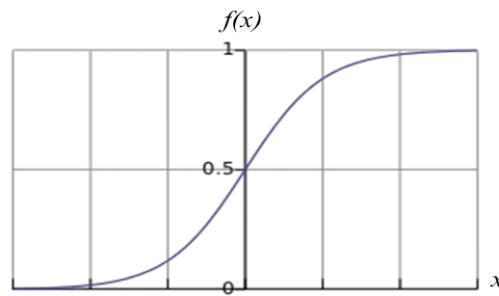
Gambar 2.1. Arsitektur *multilayer perceptron*.

2.5.2 Fungsi aktivasi

Fungsi aktivasi merupakan fungsi yang menggambarkan hubungan antara tingkat aktivasi internal (*summation function*) yang mungkin berbentuk linier atau *nonlinier*. Fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan *output* suatu neuron. Dalam penelitian ini, digunakan fungsi aktivasi sigmoid biner karena Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada range 0 sampai 1, mudah diturunkan, kontinue, dan merupakan fungsi yang tidak turun. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai *output* yang terletak pada interval 0 sampai 1 seperti pada Gambar 2.2. Namun fungsi ini juga dapat digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai outputnya 0 atau 1. Fungsi sigmoid biner dirumuskan sebagai berikut.

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (2.31)$$

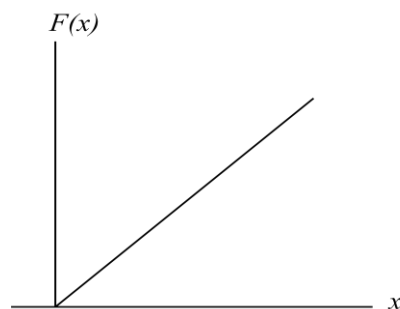
$$f'(x) = f(x)[1 - f(x)] \quad (2.32)$$



Gambar 2.2. Fungsi aktivasi sigmoid biner

Pada lapisan *output* digunakan fungsi aktivasi linier seperti pada Gambar 2.3, dirumuskan sebagai berikut:

$$f(x) = x \quad (2.33)$$



Gambar 2.3. Fungsi aktivasi linier

2.5.3 Fungsi Biaya

Setelah struktur jaringan ditentukan, maka jaringan tersebut siap untuk dilatih. Hal ini dilakukan agar fungsi biaya dari JST dapat diminimalkan. Fungsi

biaya adalah ukuran akurasi secara keseluruhan seperti rata-rata *error* kuadrat sesuai dengan Persamaan (2.34).

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2 \quad (2.34)$$

2.5.4 Algoritma *backpropagation*

Pada dasarnya algoritma *backpropagation* ada dua tahap, yaitu *feedforward* dan *backpropagation*. Pada tahap *feedforward*, sinyal *input* diberikan ke dalam jaringan. Komputasi dilakukan oleh neuron pada setiap lapisan sehingga menghasilkan *output*. Pada tahap ini, bobot pada jaringan tidak mengalami perubahan.

Sebaliknya, pada tahap *backpropagation*, semua bobot diperbaiki berdasarkan *error* jaringan. Bobot diperbaiki untuk membuat *output* yang dihasilkan semakin mendekati *output* yang diinginkan. Minimalisasi fungsi biaya dilakukan dengan mengubah w_{ij} dengan sejumlah Δw_{ij} menurut Persamaan (2.35) (Ulinuha, Ariesanti, & Purwanto, 2012).

$$\Delta w_{i,j} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{i,j}} \quad (2.35)$$

Parameter η adalah *learning rate*, yaitu kecepatan *learning* yang berkisar antara 0 sampai 1 dan $\frac{\partial E}{\partial w_{i,j}}$ adalah turunan parsial dari fungsi E dari Persamaan (2.34) terhadap bobot $w_{i,j}$. Turunan ini dihitung dalam tahap *feedforward* dan *backpropagation*. Di *feedforward*, vektor *input* dari *training* set diterapkan untuk unit *input* jaringan dan dilewatkan dari lapisan ke lapisan sehingga menghasilkan *output* akhir. Selama *backpropagation*, *output* dari jaringan dibandingkan dengan *output* yang diinginkan untuk mendapatkan nilai *error*. *Error* yang dihasilkan digunakan untuk mengubah bobot.

Algoritma *backpropagation* merupakan algoritma yang proses operasinya relatif cepat dan tidak membutuhkan data *training* yang besar (Kocyigit, 2008). Algoritma *backpropagation* memiliki komputasi dengan kerangka kerja yang fleksibel. *Backpropagation* dapat diterapkan secara luas pada berbagai masalah prediksi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dalam literatur, beberapa makalah dikhususkan untuk membandingkan *backpropagation* dengan metode tradisional. Banyak penelitian yang telah menunjukkan bahwa *backpropagation* secara signifikan lebih baik daripada model linier konvensional (Kocyigit, 2008).

Berikut adalah penjelasan *pseudocode* algoritma *backpropagation* .

- Buat sebuah *network* dengan n_{in} unit *input*, n_{hidden} unit tersembunyi, dan n_{out} unit *output*.
- Inisialisasi semua bobot dan bias ke angka random yang kecil (antara 0 dan 1).
- Sampai kondisi terminasi tercapai, kemudian untuk tiap data *training*, lakukan:
 1. Masukkan data *training* sebagai *input* dan hitung *output* jaringan O_u
 2. Untuk tiap unit *output* k . hitung term *error* δ_k

$$\delta_k \leftarrow O_k (1 - O_k)(t_k - O_k)$$
 3. Untuk tiap unit tersembunyi hitung term *error* δ_h

$$\delta_h \leftarrow O_h (1 - O_h) \sum_{k \in output} w_{h.k} \delta_k$$
 4. Ubah tiap bobot dan bias w_{ij}

$$w_{ij} \leftarrow w_{ij} + \Delta w_{ij}$$

dimana

$$\Delta w_{ij} \leftarrow \eta \delta_j x_{ij}$$

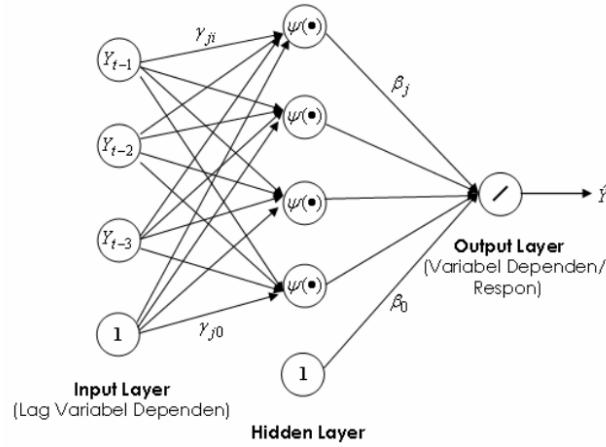
Keterangan:

- δ_k adalah *error output*
- O_k adalah keluaran dari lapisan *output*
- t_k adalah *output* yang diharapkan
- δ_h adalah *error* pada lapisan tersembunyi
- O_h adalah keluaran dari lapisan tersembunyi
- $w_{h.k}$ adalah bobot antara lapisan *output* dan lapisan tersembunyi
- w_{ij} adalah semua bobot dan bias pada jaringan saraf
- η adalah *learning rate*
- x_{ij} adalah keluaran dari lapisan
- Δw_{ij} adalah selisih bobot saat ini dengan bobot sebelumnya

2.5.5 Algoritma Autoregressive Neural Network

Aplikasi model neural network untuk peramalan deret waktu memerlukan perlakuan dari suatu proses dinamis. Neural network dapat mengakomodasi perilaku dinamis dengan memasukkan lag (kejadian sebelumnya) variabel respon

atau y_{t-1} dalam himpunan *input*. Bentuk ini selanjutnya dikenal dengan *Autoregressive Neural Network*, dan secara grafik untuk 3 lag sebagai *input* dapat dilihat seperti Gambar 2.4 (Faraway & Chatfield, 1998).



Gambar 2.4. Arsitektur AR-NN.

Secara umum bentuk arsitektur model ini adalah sama dengan model ARIMA (p, 0, 0), dimana bentuk perbedaanya adalah bentuk fungsi yang mentrasfer kejadian-kejadian masa lalu (y_{t-1}, \dots, y_{t-p}) kejadian masa sekarang y_t adalah nonlinier. Sedangkan pada model ARIMA (p, 0, 0) bentuk fungsinya adalah fungsi linier. Sehingga seringkali model MLP disebut sebagai model *Autoregressive nonlinear* (Faraway & Chatfield, 1998).

2.5.6 Metode Hibrida ARIMA dan *Multilayer Perceptron*

Metode ARIMA dan Multilayer Perceptron telah sukses dalam memodelkan domain linier dan nonlinier. Namun tidak satupun dari mereka yang menjadi model universal yang cocok untuk segala keadaan. Karena data asli susah diketahui karakteristiknya, maka dalam prakteknya metode hibrida merupakan strategi yang cocok untuk mengetahui karakteristik data karena memiliki kemampuan dalam memodelkan domain linier dan nonlinier. Sangatlah masuk akal jika time series dianggap terdiri dari dua komponen yaitu komponen struktur *linear autocorelation* dan komponen *nonlinear*, yang dinotasikan sebagai berikut:

$$y_t = L_t + N_t \quad (2.36)$$

dimana L_t merupakan komponen linier dan N_t merupakan komponen *nonlinear*. Kedua komponen ini diestimasi dari data. Mula-mula ARIMA digunakan untuk membuat model dari komponen linier, kemudian sisa dari model linier tersebut

hanya akan berisi hubungan *nonlinear*, e_t dinotasikan sebagai residual pada waktu ke- t dari model linier. Berikut adalah persamaan e_t .

$$e_t = y_t - \hat{L}_t, \quad (2.37)$$

dimana \hat{L}_t merupakan nilai dari peramalan pada waktu ke- t dan y_t merupakan nilai asli pada waktu ke- t , kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan dengan menggunakan metode *multilayer perceptron* dengan n unit *input*. Pada proses uji coba dilakukan penyesuaian jumlah n hingga ditemukan model yang paling optimal. Unit *input* berasal dari residual yang dihitung dari persamaan (2.37)

$$e_t = f(e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-n}) + \varepsilon_t, \quad (2.38)$$

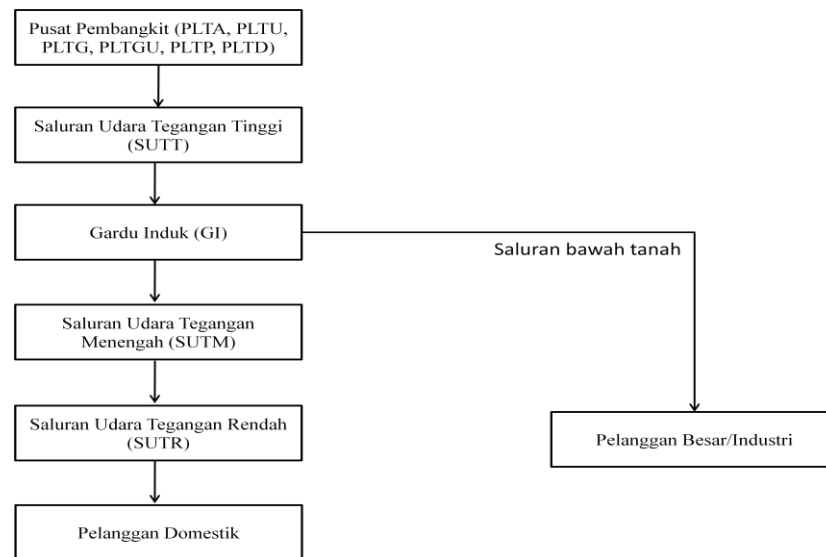
dimana f merupakan fungsi *nonlinear* yang dihasilkan dari *multilayer perceptron* dan ε_t merupakan *random error*. Hasil dari peramalan pada persamaan (2.38) disebut \hat{N}_t , maka hasil peramalan hibrida ARIMA dan *multilayer perceptron* menjadi (Zhang, 2003):

$$\hat{y}_t = \hat{L}_t + \hat{N}_t \quad (2.39)$$

2.6 Proses Penyampaian Tenaga Listrik Ke Pelanggan

Tenaga listrik dibangkitkan di pusat-pusat pembangkit listrik (*power plant*) seperti PLTA, PLTU, PLTG, dan PLTD sesuai pada Gambar 2.5. Kemudian disalurkan melalui saluran transmisi yang terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator *step-up* yang ada di pusat listrik. Saluran transmisi tegangan tinggi mempunyai tegangan 70 kV, 150 kV, atau 500 kV. Khusus untuk tegangan 500 kV saat ini disebut sebagai tegangan ekstra tinggi. Setelah tenaga listrik disalurkan, maka sampailah tegangan listrik ke gardu induk (GI), lalu tegangannya diturunkan menggunakan transformator *step-down* menjadi tegangan menengah yang juga disebut sebagai tegangan distribusi primer. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah tegangan 20kV. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer atau jaringan Tegangan Menengah (JTM), maka tenaga listrik kemudian diturunkan lagi tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan

rendah, yaitu tegangan 380/220 volt. lalu disalurkan melalui jaringan Tegangan Rendah (JTR) ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) PLN (Marsudi, 2005).



Gambar 2.5. Skema diagram penyampaian tenaga listrik ke pelanggan

2.7 Sistem Tenaga Listrik Interkoneksi Jawa Timur

Sistem tenaga listrik Jawa Timur dihubungkan oleh Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV dan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV dan 70 kV. Region-region pada sistem dihubungkan oleh sistem transmisi 500 kV yang merupakan tulang punggung pensuplai daya sistem tenaga listrik Jawa Timur. Berdasarkan Lampiran 6, daya berkapasitas besar dialirkan oleh pembangkit-pembangkit utama melalui saluran transmisi 500 kV, yang kemudian di Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 500 kV diturunkan tegangannya menjadi 150 kV melalui *Inter Bus Transformer* (IBT) 500/150 kV. Aliran daya pada sistem 150 kV ini kemudian akan dialirkan pada pusat beban (GI 150 kV) atau diturunkan lagi level tegangannya menjadi 70 kV melalui IBT 150/70 kV dan dialirkan ke gardu-gardu induk 70 kV melalui saluran transmisi 70 kV.

2.8 Framework .NET

Framework .NET adalah suatu komponen windows yang terintegrasi yang dibuat dengan tujuan untuk mendukung pengembangan berbagai macam jenis aplikasi serta untuk dapat menjalankan berbagai macam aplikasi generasi mendatang termasuk pengembangan aplikasi *Web Services XML*. Ada dua komponen utama dalam *Framework.NET* yaitu *Common Language Runtime* (CLR) dan *.NET Framework Class Library*, *Common Language Runtime* (CLR) adalah pondasi utama dari *Framework .NET*. CLR merupakan komponen yang

bertanggung jawab terhadap berbagai macam hal, seperti bertanggung jawab untuk melakukan manajemen *memory*, melakukan eksekusi kode, melakukan verifikasi terhadap keamanan kode, menentukan hak akses dari kode, melakukan kompilasi kode, dan berbagai layanan system lainnya. Dengan adanya fungsi CLR ini, maka aplikasi berbasis .NET biasa juga disebut dengan *managed code*, sedangkan aplikasi di luar itu biasa disebut dengan *un-managed code*. CLR akan melakukan kompilasi kode-kode aplikasi kita menjadi bahasa assembly MSIL (*Microsoft Intermediate Language*). Proses kompilasi ini sendiri dilakukan oleh komponen yang bernama *Just In Time* (JIT). JIT hanya akan mengkompilasi metode metode yang memang digunakan dalam aplikasi, dan hasil kompilasi ini sendiri di *chace* di dalam mesin dan akan dikompilasi kembali jika memang ada perubahan pada kode aplikasi.

.NET *Framework Class Library* atau sering juga disebut *Base Case Library* (BCL) adalah koleksi dari *reusable types* yang sangat terintegrasi secara melekat dengan CLR. *Class library* bersifat berorientasi terhadap objek yang akan menyediakan *types* dari fungsi-fungsi *managed code*. Hal ini tidak hanya berpengaruh kepada kemudahan dalam hal penggunaan, tetapi juga dapat mengurangi waktu yang diperlukan pada saat eksekusi. Dengan sifat tersebut, maka komponen pihak ketiga akan dengan mudah diaplikasikan ke dalam aplikasi yang dibuat.

Jika membuat sekumpulan *Class* untuk membuat aplikasi berbasis *windows*, maka *Class-Class* itu bisa digunakan untuk jenis aplikasi lain, seperti aplikasi berbasis web (ASP.NET).

Framework .NET di design untuk dapat memenuhi beberapa tujuan berikut ini:

- Untuk menyediakan *environment* kerja yang konsisten bagi bahasa pemrograman yang berorientasi objek (*object-oriented programming* – OOP) baik kode objek itu di simpan dan di eksekusi secara lokal, atau dieksekusi secara lokal tapi didistribusikan melalui internet atau dieksekusi secara *remote*.
- Untuk menyediakan *environment* kerja di dalam mengeksekusi kode yang dapat meminimaliasi proses *software deployment* dan menghindari konflik penggunaan versi *software* yang di buat.

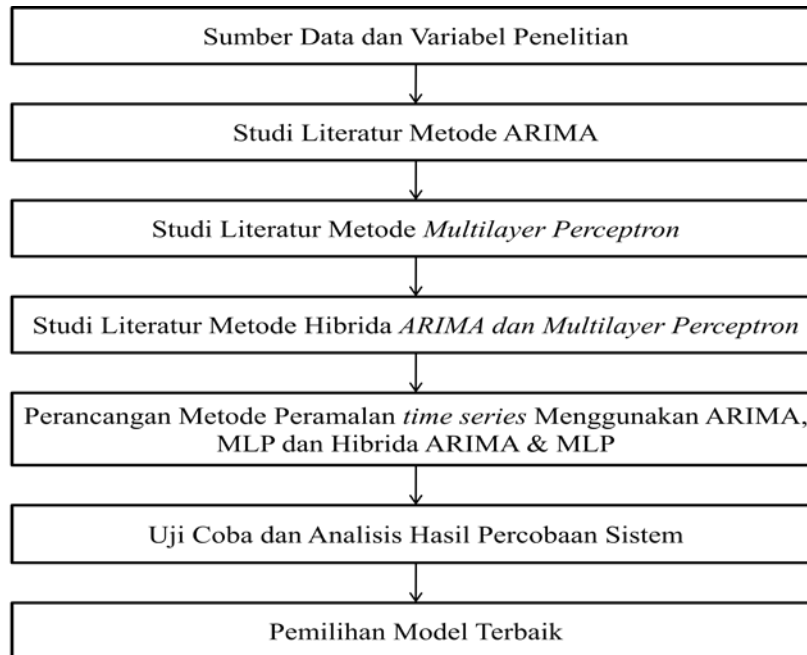
- Untuk menyediakan *environment* kerja yang aman dalam hal pengekseskuan kode, termasuk kode yang dibuat oleh pihak ketiga (*third party*).
- Untuk menyediakan *environment* kerja yang dapat mengurangi masalah pada persoalan performa dari kode atau dari lingkungan *interpreter*-nya.
- Membuat para pengembang lebih mudah mengembangkan berbagai macam jenis aplikasi yang lebih bervariasi, seperti aplikasi berbasis windows dan aplikasi berbasis web.

Membangun semua komunikasi yang ada di dalam standar industri (Balagurusamy, 2008).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai metodologi penelitian yang akan dilaksanakan terdiri dari sumber data, studi literatur, perancangan metode, implementasi metode, pengujian metode, analisis hasil uji coba, dan penulisan laporan.. Metodologi yang dilakukan sebagai berikut Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Alur metodologi penelitian

3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali, berupa data konsumsi listrik pada bulan 1 Januari 2014 hingga 31 Maret 2015. Sajian data beban disetiap subsistem dijelaskan pada variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu beban listrik per setengah jam untuk wilayah Jawa Timur. Pemodelan dilakukan disetiap subsistem ketika terjadi *load peak* sesuai justifikasi PT. PLN (Persero). Penentuan *load peak* berdasarkan beban puncak disetiap shift kerja PT.PLN (Persero) P3B Jawa Timur dan Bali. Dimana terbagi menjadi tiga shift kerja yaitu:

- Shift pagi = 07.30 WIB – 14.30 WIB
- Shift siang = 15.00 WIB – 22.00 WIB
- Shift malam = 22.30 WIB – 07.00 WIB

Peramalan *load peak* disetiap shift kerja, berguna untuk menyusun perencanaan produksi harian pembangkit yang dilakukan setiap harinya oleh operator sistem scada. Dimana penentuan *load peak* berdasarkan dari seringnya terjadi beban puncak pada jam-jam tertentu sesuai pada Tabel 3.2 hingga Tabel 3.6. Hasil dari *load peak* disetiap subsistem dijelaskan pada Tabel 3.1. Tujuan dilakukannya peramalan pada jam terjadinya *load peak* karena untuk membantu *load balancing* pendistribusian listrik diseluruh area sistem Jawa Timur, hal ini perlu dilakukan karena setiap harinya pegawai yang bertugas disetiap shift kerja, harus melakukan pengendalian dan perencanaan produksi untuk setiap pembangkit, agar energi listrik yang dibangkitkan tidak melebihi kapasitas atau bahkan kekurangan kapasitas. Mengingat adanya keterbatasan pembangkit yang saat ini dimiliki oleh PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali yang hanya berjumlah 20 pembangkit dengan kapasitas maksimal sebesar 4824,22 MW, sedangkan beban puncak Jawa Timur bisa mencapai 5700 MW pada tahun 2016, jika pendistribusian tidak tepat sasaran akan berakibat *losses energy* (energi listrik yang hilang dalam inti trafo dan konduktor penghantar/kabel di Jaringan), sehingga peramalan pada saat jam-jam terjadinya *load peak* disetiap shift kerja perlu dilakukan, untuk melakukan optimasi energi yang dihasilkan.

Tabel 3.1. *Load peak* di setiap subsistem.

| Subsistem | Shift Pagi | Shift Siang | Shift Malam |
|--------------|------------|-------------|-------------|
| Ngimbang | 13.30 | 19.30 | 22.30 |
| Krian | 11.00 | 15.00 | 22.30 |
| Krian-Gresik | 14.00 | 15.00 | 22.30 |
| Paiton | 13.30 | 18.30 | 22.30 |
| Kediri | 13.30 | 18.30 | 05.30 |

3.2 Pengolahan Data

Pengolahan dilakukan berguna untuk memeriksa apakah terdapat *missing value*. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan dataset awal yang lengkap. Kemudian sebelum melakukan pemodelan ARIMA, data di pisah menjadi dua bagian, yaitu bagian *in sample* dan *out sample*. Data *in sample* merupakan data dari tanggal 1 Januari 2014 hingga 28 Februari 2015. Sedangkan data *out sample* merupakan data dari tanggal 1 Maret 2015 hingga 31 Maret 2015. Pre proses data dilakukan sebelum melakukan pemodelan *Multilayer Perceptron*.

Tabel 3.2. Jumlah *load peak* di subsistem Krian setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015.

| Shift Pagi | | Shift Siang | | Shift Malam | |
|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| Jam | Jumlah | Jam | Jumlah | Jam | Jumlah |
| | | | | 22.30 | 118 |
| 07.30 | 23 | 15.00 | 126 | 23.00 | 144 |
| 08.00 | 19 | 15.30 | 122 | 23.30 | 71 |
| 08.30 | 47 | 16.00 | 95 | 00.00 | 51 |
| 09.00 | 56 | 16.30 | 75 | 00.30 | 67 |
| 09.30 | 62 | 17.00 | 72 | 01.00 | 51 |
| 10.00 | 82 | 17.30 | 51 | 01.30 | 36 |
| 10.30 | 83 | 18.00 | 80 | 02.00 | 25 |
| 11.00 | 98 | 18.30 | 52 | 02.30 | 21 |
| 11.30 | 68 | 19.00 | 41 | 03.00 | 12 |
| 12.00 | 21 | 19.30 | 51 | 03.30 | 8 |
| 12.30 | 17 | 20.00 | 54 | 04.00 | 13 |
| 13.00 | 20 | 20.30 | 53 | 04.30 | 34 |
| 13.30 | 74 | 21.00 | 42 | 05.00 | 85 |
| 14.00 | 70 | 21.30 | 29 | 05.30 | 67 |
| 14.30 | 99 | 22.00 | 25 | 06.00 | 15 |
| | | | | 06.30 | 12 |
| | | | | 07.00 | 2 |

Tabel 3.3. Jumlah *load peak* di subsistem Krian-Gresik setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015.

| Shift Pagi | | Shift Siang | | Shift Malam | |
|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| Jam | Jumlah | Jam | Jumlah | Jam | Jumlah |
| | | | | 22.30 | 252 |
| 07.30 | 3 | 15.00 | 99 | 23.00 | 40 |
| 08.00 | 5 | 15.30 | 36 | 23.30 | 41 |
| 08.30 | 0 | 16.00 | 9 | 00.00 | 13 |
| 09.00 | 0 | 16.30 | 3 | 00.30 | 33 |
| 09.30 | 5 | 17.00 | 2 | 01.00 | 11 |
| 10.00 | 13 | 17.30 | 16 | 01.30 | 7 |
| 10.30 | 45 | 18.00 | 27 | 02.00 | 2 |
| 11.00 | 59 | 18.30 | 20 | 02.30 | 2 |
| 11.30 | 24 | 19.00 | 25 | 03.00 | 1 |
| 12.00 | 8 | 19.30 | 35 | 03.30 | 0 |
| 12.30 | 2 | 20.00 | 32 | 04.00 | 0 |
| 13.00 | 9 | 20.30 | 43 | 04.30 | 1 |
| 13.30 | 82 | 21.00 | 30 | 05.00 | 10 |
| 14.00 | 95 | 21.30 | 30 | 05.30 | 6 |
| 14.30 | 75 | 22.00 | 33 | 06.00 | 2 |
| | | | | 06.30 | 0 |
| | | | | 07.00 | 3 |

Tabel 3.4. Jumlah *load peak* di subsistem Ngimbang setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015.

| Shift Pagi | | Shift Siang | | Shift Malam | |
|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| Jam | Jumlah | Jam | Jumlah | Jam | Jumlah |
| | | | | 22.30 | 269 |
| 07.30 | 12 | 15.00 | 3 | 23.00 | 20 |
| 08.00 | 8 | 15.30 | 2 | 23.30 | 3 |
| 08.30 | 7 | 16.00 | 3 | 00.00 | 4 |
| 09.00 | 10 | 16.30 | 1 | 00.30 | 10 |
| 09.30 | 18 | 17.00 | 3 | 01.00 | 0 |
| 10.00 | 22 | 17.30 | 5 | 01.30 | 1 |
| 10.30 | 43 | 18.00 | 38 | 02.00 | 0 |
| 11.00 | 47 | 18.30 | 85 | 02.30 | 0 |
| 11.30 | 35 | 19.00 | 101 | 03.00 | 0 |
| 12.00 | 19 | 19.30 | 145 | 03.30 | 3 |
| 12.30 | 14 | 20.00 | 121 | 04.00 | 7 |
| 13.00 | 30 | 20.30 | 64 | 04.30 | 12 |
| 13.30 | 153 | 21.00 | 12 | 05.00 | 62 |
| 14.00 | 122 | 21.30 | 2 | 05.30 | 65 |
| 14.30 | 61 | 22.00 | 2 | 06.00 | 2 |
| | | | | 06.30 | 1 |
| | | | | 07.00 | 2 |

Tabel 3.5. Jumlah *load peak* di subsistem kediri setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015.

| Shift Pagi | | Shift Siang | | Shift Malam | |
|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| Jam | Jumlah | Jam | Jumlah | Jam | Jumlah |
| | | | | 22.30 | 142 |
| 07.30 | 52 | 15.00 | 22 | 23.00 | 6 |
| 08.00 | 12 | 15.30 | 16 | 23.30 | 6 |
| 08.30 | 6 | 16.00 | 11 | 00.00 | 17 |
| 09.00 | 9 | 16.30 | 5 | 00.30 | 4 |
| 09.30 | 10 | 17.00 | 3 | 01.00 | 3 |
| 10.00 | 11 | 17.30 | 9 | 01.30 | 4 |
| 10.30 | 28 | 18.00 | 108 | 02.00 | 5 |
| 11.00 | 50 | 18.30 | 154 | 02.30 | 10 |
| 11.30 | 50 | 19.00 | 89 | 03.00 | 8 |
| 12.00 | 16 | 19.30 | 51 | 03.30 | 10 |
| 12.30 | 14 | 20.00 | 27 | 04.00 | 1 |
| 13.00 | 18 | 20.30 | 9 | 04.30 | 1 |
| 13.30 | 100 | 21.00 | 3 | 05.00 | 58 |
| 14.00 | 74 | 21.30 | 3 | 05.30 | 155 |
| 14.30 | 66 | 22.00 | 7 | 06.00 | 16 |
| | | | | 06.30 | 4 |
| | | | | 07.00 | 5 |

Tabel 3.6. Jumlah *load peak* di subsistem paiton setiap setengah jam dari 1/12014 hingga 28/2/2015.

| Shift Pagi | | Shift Siang | | Shift Malam | |
|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| Jam | Jumlah | Jam | Jumlah | Jam | Jumlah |
| | | | | 22.30 | 364 |
| 07.30 | 13 | 15.00 | 2 | 23.00 | 9 |
| 08.00 | 8 | 15.30 | 1 | 23.30 | 3 |
| 08.30 | 6 | 16.00 | 2 | 00.00 | 0 |
| 09.00 | 11 | 16.30 | 1 | 00.30 | 4 |
| 09.30 | 22 | 17.00 | 1 | 01.00 | 0 |
| 10.00 | 16 | 17.30 | 3 | 01.30 | 0 |
| 10.30 | 52 | 18.00 | 89 | 02.00 | 0 |
| 11.00 | 38 | 18.30 | 124 | 02.30 | 0 |
| 11.30 | 8 | 19.00 | 97 | 03.00 | 0 |
| 12.00 | 3 | 19.30 | 80 | 03.30 | 0 |
| 12.30 | 5 | 20.00 | 34 | 04.00 | 1 |
| 13.00 | 5 | 20.30 | 13 | 04.30 | 3 |
| 13.30 | 162 | 21.00 | 3 | 05.00 | 25 |
| 14.00 | 58 | 21.30 | 1 | 05.30 | 17 |
| 14.30 | 47 | 22.00 | 3 | 06.00 | 0 |
| | | | | 06.30 | 2 |
| | | | | 07.00 | 0 |

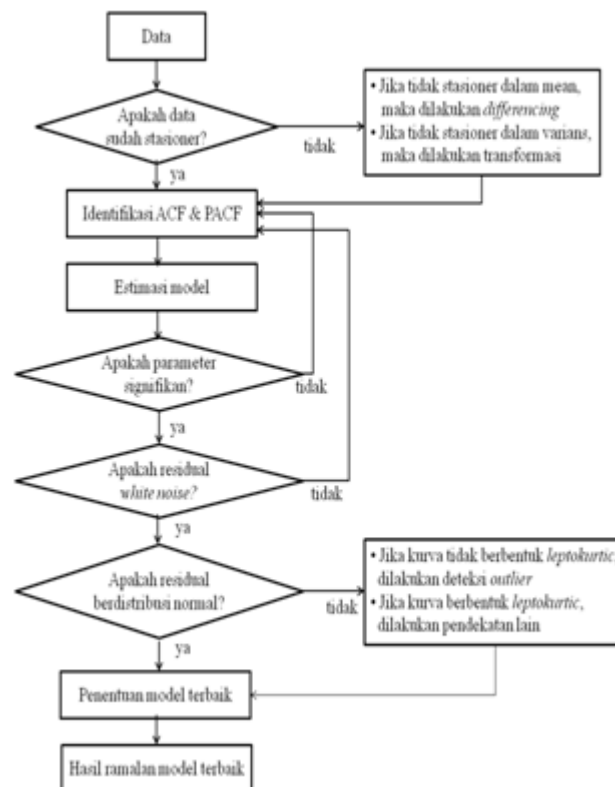
3.3 Studi Literatur Metode ARIMA

Untuk dapat memahami metode ARIMA dalam peramalan *time series*, dilakukan proses pengumpulan informasi yang berhubungan dengan metode tersebut. Proses ini diawali dengan pencarian literatur dari berbagai jurnal yang sudah tersedia. Dilanjutkan dengan menyeleksi literatur berdasarkan kesesuaian isi dengan kebutuhan. Dari literatur yang telah diseleksi, dilakukan kajian mendalam mengenai metode yang akan digunakan. Proses ini dilakukan agar dapat mengetahui implementasi ARIMA dalam peramalan *time series*.

Berikut langkah analisis pemodelan ARIMA yang digunakan dalam melakukan penelitian ini berdasarkan Gambar 3.2.

1. Melakukan identifikasi model ARIMA terhadap karakteristik data beban listrik di Jawa Timur. Dalam proses ini dilakukan pemeriksaan kestasioneran data dalam *mean* dan varians pada data *in sample*. Ketika data tidak stasioner dalam varians, maka dilakukan proses transformasi Box-Cox. Sedangkan jika data tidak stasioner dalam *mean*, dilakukan proses *diffrencing*. Kemudian dilakukan identifikasi model dengan melihat plot ACF dan PACF.

2. Melakukan estimasi model ARIMA dengan paket program SAS berdasarkan metode CLS. Selanjutnya hasil dari estimasi tersebut, dilakukan pengujian menggunakan statistik uji t .
3. Uji kesesuaian model dengan uji *white noise*.
4. Jika pada saat pengujian residual tidak memenuhi asumsi distribusi normal, maka langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah deteksi *outlier*. Cara melakukan deteksi *outlier* yaitu menyertakan *outlier* didalam model ARIMA.
5. Meramalkan data *out sample* berdasarkan model yang terbentuk.
6. Menentukan nilai MAPE, SMAPE, dan RMSE pada masing-masing model.
7. Memilih model terbaik berdasarkan nilai MAPE, SMAPE, dan RMSE terkecil.



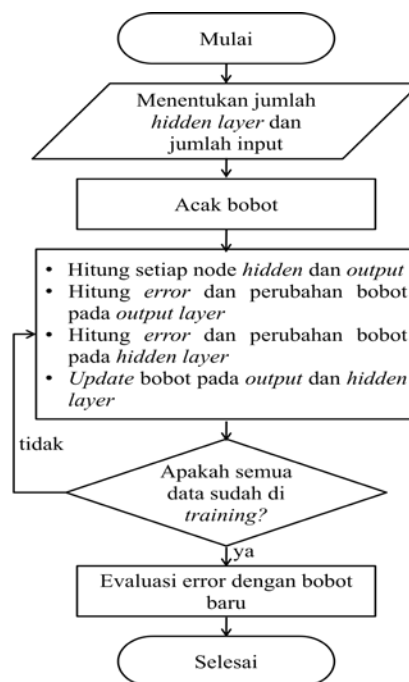
Gambar 3.2. Diagram alir model peramalan ARIMA

3.4 Studi Literatur Metode *Multilayer Perceptron*

Untuk dapat memahami metode *multilayer perceptron* (MLP) pada peramalan *time series nonlinear*, dilakukan proses pengumpulan informasi yang berhubungan dengan metode tersebut. Proses ini diawali dengan pencarian literatur yang sesuai dengan kebutuhan. Dari literatur yang telah diseleksi, dilakukan kajian mendalam mengenai metode yang digunakan. Gambar 3.2

menjelaskan uraian proses yang digunakan dalam metode MLP dalam penelitian ini.

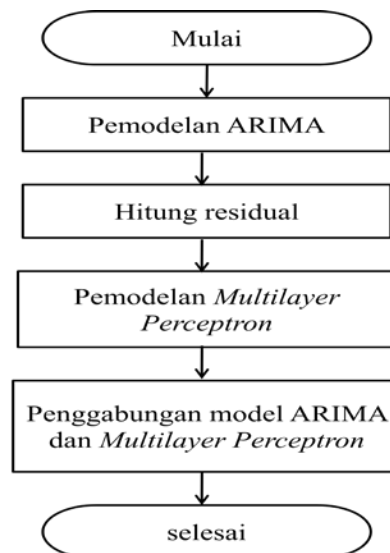
1. Melakukan penentuan variabel masukan berdasarkan lag AR dari model ARIMA yang sudah ditentukan.
2. Menentukan jumlah neuron dilapisan tersembunyi, dengan mula-mula bobot pada setiap neuron *input* diacak antara -1 hingga 1.
3. Kemudian dilakukan proses *feedforward* sampai didapatkan nilai pada *output* neuron. Untuk setiap neuron digunakan fungsi aktivasi *bipolar sigmoid*.
4. Melakukan proses *backpropagation* yang berguna untuk memperbarui nilai bobot pada setiap neuron.
5. Langkah tersebut dilakukan hingga didapatkan model dengan performa maksimal.



Gambar 3.3. Diagram alir *backpropagation*

3.5 Studi Literatur Metode Hibrida ARIMA dan *Multilayer Perceptron*

Dalam proses memahami metode hibrida ARIMA dan MLP dilakukan proses pengumpulan informasi berdasarkan metode tersebut. Dari literatur yang sudah didapatkan, dilakukan kajian mendalam pada metode tersebut. Gambar 3.4 menunjukkan diagram alir dari metode hibrida ARIMA dan MLP yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.4. Diagram alir hibrida ARIMA dan MLP

3.6 Perancangan Metode Peramalan *Time Series* Menggunakan ARIMA, *Multilayer Perceptron*, dan Hibrida ARIMA & *Multilayer Perceptron*

Dalam proses ini dirancang sebuah desain metode peramalan menggunakan metode ARIMA, *Multilayer Perceptron*, dan hibrida ARIMA & *Multilayer Perceptron*. Pada proses ini juga dilakukan analisis lebih lanjut agar kedua metode yang digunakan dapat menghasilkan peramalan yang memiliki akurasi yang baik. Pada tahap ini dirancang sistem yang akan dibangun sesuai dengan tujuan dan permasalahan yang akan diselesaikan. Sistem peramalan *time series nonliniar* yang ditawarkan pada penelitian ini memiliki rancangan sistem sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Rancangan sistem

3.6.1 Peramalan dan Pemodelan menggunakan ARIMA

Pada penelitian ini, ARIMA digunakan sebagai metode peramalan data *time series*. Akan dilakukan pemodelan di setiap *load peak* pada setiap shift kerja di PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali. Pemilihan model terbaik berdasarkan nilai MAPE, RMSE, dan SMAPE terkecil.

Di dalam proses ini akan dilakukan dua prosedur perancangan, yaitu prosedur pelatihan dan pengujian. Prosedur pelatihan digunakan untuk melakukan pembelajaran terhadap pola-pola dari data. Proses ini dilakukan dengan menggunakan data *in sample*. Proses ini berhenti jika didapatkan nilai MAPE, RMSE, dan SMAPE terkecil dari setiap model yang ditemukan.

Proses kedua adalah proses pengujian dari model yang sudah dihasilkan dan dilakukan proses peramalan data. Setelah dilakukan peramalan, maka model akan dihitung nilai MAPE, RMSE, dan SMAPE untuk mengetahui sampai hari seberapa model bisa digunakan dalam peramalan.

3.6.2 Penentuan Variabel *Input* MLP Berdasarkan Lag AR

Dalam proses ini sangat terpengaruh dari proses sebelumnya yaitu ARIMA. Penentuan dari variabel *input* MLP didapatkan dari lag AR yang dihasilkan oleh setiap model ARIMA pada jam-jam terjadinya *load peak* disetiap shift kerja yang ada di PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali untuk setiap subsistem. Sehingga setiap wilayah subsistem di distribusi Jawa Timur akan memiliki kombinasi 15 variabel *input* MLP.

3.6.3 Peramalan Data Menggunakan MLP

Pada penelitian ini digunakan metode MLP sebagai peramalan data *time series*, metode MLP yang digunakan adalah *backpropagation neural network* yang merupakan salah satu model ANN yang sering digunakan diberbagai bidang. Arsitektur dari model MLP terdiri dari satu *layer input* yang terdiri dari beberapa unit neuron, satu *hidden layer* yang terdiri dari satu atau lebih unit neuron, dan satu *layer output* yang terdiri dari satu neuron. Estimasi terhadap parameter model dilakukan dengan metode *backpropagation*.

Terdapat 2 macam prosedur perancangan, yaitu prosedur pelatihan dan pengujian. Prosedur pelatihan adalah prosedur untuk melakukan pembelajaran terhadap pola-pola yang akan dikenali. Proses ini dilakukan dengan menggunakan

data latih / *in sample* yang telah disiapkan. Proses ini berhenti jika nilai *error* minimal yang ditetapkan atau *epoch* yang telah ditentukan *user* telah tercapai sehingga didapatkan bobot-bobot neuron yang diharapkan.

Epoch (iterasi) adalah satu set putaran vektor-vektor pembelajaran. Beberapa iterasi diperlukan untuk pembelajaran sebuah *backpropagation* sehingga kesalahan mendakati 0. Prosedur selanjutnya adalah proses pengujian, proses pengujian dilakukan untuk mengetahui kehandalan dari model yang terbentuk, dalam menentukan kebaikan model berdasarkan nilai MAPE, RMSE, dan SMAPE terkecil.

3.6.4 Peramalan Data Menggunakan Hibrida ARIMA dan MLP

Pada penelitian ini digunakan metode hibrida ARIMA dan MLP untuk proses peramalan data *time series*. Terdapat dua prosedur peramalan yaitu prosedur peramalan ARIMA dan prosedur peramalan MLP. Setelah dilakukan proses peramalan ARIMA kemudian dilakukan perhitungan nilai residual dari hasil peramalan ARIMA yang didapat. Nilai residual tersebut yang nantinya akan digunakan sebagai nilai *input* dari proses peramalan MLP. Kemudian hasil dari kedua peramalan tersebut digabungkan menjadi satu. Sehingga hasil akhir dari peramalan merupakan gabungan hasil peramalan dari proses ARIMA dan peramalan dari proses MLP. Pemilihan model terbaik pada proses hibrida ARIMA dan MLP berdasarkan nilai MAPE, RMSE, dan SMAPE terkecil. Penentuan jumlah *input* untuk proses MLP sesuai dengan lag AR yang dihasilkan dari proses ARIMA. Pada proses ini, akan dilakukan peramalan pada jam-jam terjadinya *load peak* disetiap shift kerja yang ada di PT. PLN (Persero) P3B APB Jawa Timur untuk setiap subsistem.

3.7 Implementasi Rancangan Sistem Peramalan *Time series* Menggunakan ARIMA, *Multilayer Perceptro*, dan Hibrida ARIMA dan MLP

Tahapan ini digunakan untuk mengimplementasikan metode yang diusulkan ke dalam perangkat lunak. Proses implementasi meliputi penulisan kode program, *compiling*, *debugging* sampai dihasilkan kode program yang siap dieksekusi. Sebelum implementasi perlu dilakukan perencanaan sistem, hal ini bertujuan untuk mencari bentuk yang optimal dari aplikasi yang akan dibangun dengan mempertimbangkan berbagai faktor permasalahan dan kebutuhan yang ada pada sistem. Upaya yang dilakukan adalah dengan berusaha mencari kombinasi

penggunaan teknologi dan perangkat lunak yang tepat sehingga diperoleh hasil yang optimal dan mudah untuk diimplementasikan. Pada penelitian ini akan dibangun pemrograman C#. Kemudian pada perhitungan komputasi dalam proses pengkombinasian *input* lag AR untuk metode MLP dan hibrida ARIMA & MLP, akan dibantu dengan *cloud computing*.

3.8 Uji Coba dan Analisis Hasil Percobaan Sistem

Pada tahap ini dilakukan uji coba pada metode MLP dan hibrida ARIMA & MLP. Dalam proses ini, akan dilakukan uji coba dengan melakukan kombinasi *input* sesuai dengan lag AR yang dihasilkan oleh metode ARIMA. Hal ini dilakukan untuk mencari kombinasi input yang maksimal pada proses MLP dan hibrida ARIMA & MLP.

3.9 Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak

Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam proses perancangan dan implementasi perangkat lunak ini ditampilkan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Lingkungan perancangan perangkat lunak.

| Perangkat | Spesifikasi |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Perangkat keras | Prosesor: Intel® Core™ i3 CPU M 430 @ 2.27GHz Memori: 2.00 GB |
| Perangkat lunak | Sistem Operasi: Microsoft Windows 7 64-bit Professional Ubuntu Server 14.04 Perangkat Pengembang: Microsoft Visual Studio 2015. Minitab 16 Statistical Software. SAS Information 9.4 Perangkat Pembantu: Notepad++. Microsoft Excel 2007 |

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian terhadap konsumsi beban listrik di Jawa Timur untuk setiap subsistemnya. Sebelum melakukan peramalan, terlebih dahulu menyajikan statistika deskriptif dari data untuk mengetahui karakteristiknya. Analisis yang digunakan untuk meramalkan konsumsi beban listrik beberapa kedepan diantaranya ARIMA, MLP, dan Hibrida ARIMA & MLP.

4.1 Karakteristik Konsumsi Beban Listrik di Jawa Timur Untuk Setiap

Subsistem

Pada analisis statistik deskriptif ini digunakan untuk mengetahui karakteristik konsumsi beban listrik di Jawa Timur tiap setengah jam yang ditunjukkan dalam Tabel 4.1 untuk subsistem Paiton. Analisis yang sama juga dilakukan pada subsistem yang lain dan dapat dilihat pada Lampiran 7 hingga Lampiran 10.

Tabel 4.1. Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur wilayah subsistem Paiton.

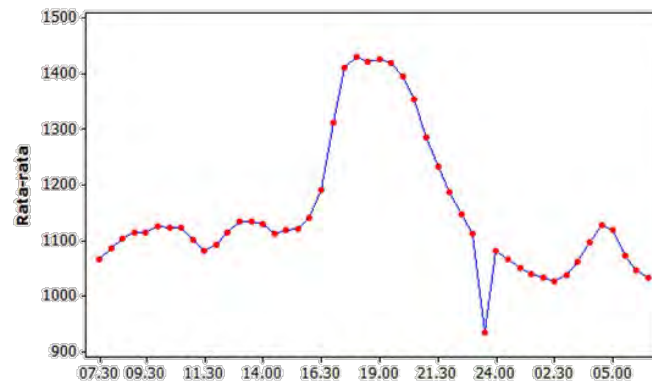
| Jam | Rata-rata | Standar Deviasi | Selang Kepercayaan 95% untuk Rata-Rata | |
|-------|-----------|-----------------|----------------------------------------|------------|
| | | | Batas Bawah | Batas Atas |
| 07_30 | 1.065,885 | 158,961 | 1.051,605 | 1.081,845 |
| 08_00 | 1.085,675 | 179,038 | 1.069,552 | 1.103,624 |
| 08_30 | 1.103,364 | 190,671 | 1.086,195 | 1.122,481 |
| 09_00 | 1.113,664 | 188,594 | 1.096,744 | 1.132,613 |
| 09_30 | 1.115,114 | 200,167 | 1.097,091 | 1.135,184 |
| 10_00 | 1.124,471 | 195,508 | 1.106,937 | 1.144,119 |
| 10_30 | 1.124,134 | 211,595 | 1.105,059 | 1.145,334 |
| 11_00 | 1.123,390 | 209,413 | 1.104,526 | 1.144,381 |
| 11_30 | 1.100,700 | 214,774 | 1.081,279 | 1.122,179 |
| 12_00 | 1.080,768 | 205,229 | 1.062,230 | 1.101,306 |
| 12_30 | 1.092,570 | 200,565 | 1.074,530 | 1.112,692 |
| 13_00 | 1.114,092 | 207,718 | 1.095,399 | 1.134,925 |
| 13_30 | 1.135,030 | 213,294 | 1.115,844 | 1.156,428 |
| 14_00 | 1.133,540 | 203,615 | 1.115,308 | 1.154,021 |
| 14_30 | 1.130,372 | 192,475 | 1.113,197 | 1.149,769 |
| 15_00 | 1.113,176 | 215,473 | 1.093,704 | 1.134,733 |
| 15_30 | 1.119,397 | 215,940 | 1.101,505 | 1.141,843 |
| 16_00 | 1.120,221 | 219,410 | 1.100,333 | 1.142,132 |
| 16_30 | 1.140,119 | 213,381 | 1.120,773 | 1.161,425 |
| 17_00 | 1.191,876 | 192,378 | 1.174,623 | 1.211,209 |

Tabel 4.1: Lanjutan

| Jam | Rata-rata | Standar Deviasi | Selang Kepercayaan 95% untuk Rata-Rata | |
|-------|-----------|-----------------|----------------------------------------|------------|
| | | | Batas Bawah | Batas Atas |
| 17_30 | 1.312,543 | 206,430 | 1.294,046 | 1.333,298 |
| 18_00 | 1.411,800 | 207,234 | 1.393,230 | 1.432,636 |
| 18_30 | 1.430,581 | 199,568 | 1.412,690 | 1.450,641 |
| 19_00 | 1.422,894 | 215,970 | 1.403,405 | 1.444,520 |
| 19_30 | 1.427,188 | 197,418 | 1.409,531 | 1.447,058 |
| 20_00 | 1.419,909 | 200,299 | 1.401,992 | 1.440,067 |
| 20_30 | 1.396,645 | 203,424 | 1.380,974 | 1.418,161 |
| 21_00 | 1.354,546 | 187,834 | 1.337,856 | 1.373,519 |
| 21_30 | 1.284,751 | 197,803 | 1.267,033 | 1.304,643 |
| 22_00 | 1.232,944 | 202,088 | 1.214,774 | 1.253,223 |
| 22_30 | 1.187,281 | 213,884 | 1.167,903 | 1.208,646 |
| 23_00 | 1.147,407 | 220,110 | 1.127,399 | 1.169,349 |
| 23_30 | 1.111,545 | 215,033 | 1.091,974 | 1.132,963 |
| 00_00 | 934,654 | 421,160 | 896,352 | 976,624 |
| 00_30 | 1.080,613 | 202,516 | 1.061,585 | 1.100,317 |
| 01_00 | 1.066,173 | 179,523 | 1.049,370 | 1.083,696 |
| 01_30 | 1.050,648 | 187,512 | 1.033,108 | 1.068,959 |
| 02_00 | 1.040,105 | 181,869 | 1.023,145 | 1.057,909 |
| 02_30 | 1.032,731 | 178,738 | 1.016,015 | 1.050,188 |
| 03_00 | 1.025,877 | 189,878 | 1.008,095 | 1.044,402 |
| 03_30 | 1.036,855 | 181,509 | 1.019,915 | 1.054,613 |
| 04_00 | 1.061,756 | 181,804 | 1.044,812 | 1.079,562 |
| 04_30 | 1.095,944 | 195,886 | 1.077,704 | 1.115,143 |
| 05_00 | 1.128,138 | 191,934 | 1.110,293 | 1.146,971 |
| 05_30 | 1.118,731 | 190,017 | 1.101,102 | 1.137,407 |
| 06_00 | 1.073,391 | 189,075 | 1.055,801 | 1.091,935 |
| 06_30 | 1.045,358 | 154,173 | 1.031,083 | 1.060,534 |
| 07_00 | 1.033,089 | 147,305 | 1.019,863 | 1.047,883 |

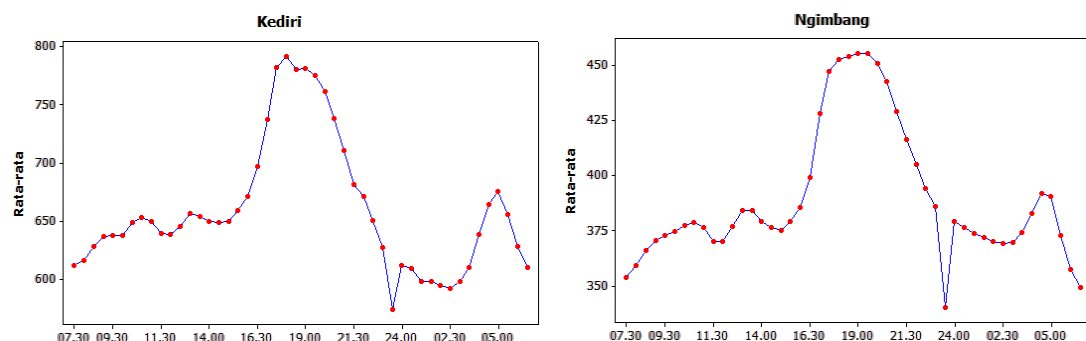
Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi beban listrik tertinggi pada subsitem Paiton adalah pukul 18.30 WIB sebesar 1.430,582 MW dan beban terendah pukul 24.00 WIB sebesar 934,653 MW, secara visual rata-rata konsumsi listrik di subsistem Paiton dapat dilihat di Gambar 4.1. Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi beban listrik per setengah jam bersifat fluktuatif, dimana rata-rata terendah terjadi sekitar dini hari pada saat orang beristirahat (tidur) yaitu pada pukul 24.00 WIB hingga 03.00 WIB. Kemudian rata-rata konsumsi beban listrik mulai sedikit mengalami kenaikan lagi pada saat orang-orang memulai aktifitasnya kembali, sekitar pukul 04.00 WIB hingga 05.30 WIB. Sedangkan pemakaian listrik yang konstan terjadi pada siang hari yaitu

sekitar pukul 13.00 WIB hingga 17.00 WIB, karena pada saat itu banyak orang berada diluar rumah, sehingga tidak banyak memanfaatkan listrik.



Gambar 4.1. Rata-rata konsumsi listrik di subsistem Paiton.

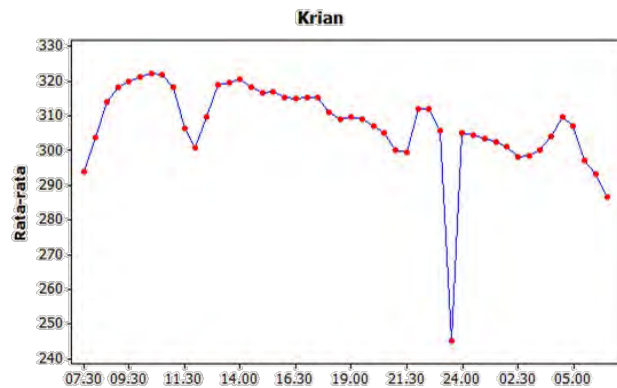
Analisis serupa juga dilakukan di subsistem Kediri dan Ngimbang, pada subsistem Kediri adalah pukul 18.30 WIB sebesar 791,1394 MW dan terendah pukul 24.00 WIB sebesar 574,2826 MW. Untuk subsistem Ngimbang, beban tertinggi pada pukul 19.30 WIB sebesar 455,2796 MW, dan beban terendah pukul 24,00 WIB sebesar 340,2351 MW. Fluktuasi dari rata-rata konsumsi listrik di subsistem Kediri dan Ngimbang, hampir sama dengan fluktuasi di subsistem Paiton. Secara visual grafik dari rata-rata konsumsi listrik di subsistem Kediri dan Ngimbang dapat dilihat di Gambar 4.2. Hal ini sangat wajar karena subsistem Kediri, Ngimbang, dan Paiton mempunyai mayoritas pelanggannya adalah dari sektor rumah tangga sehingga cenderung memiliki fluktuasi yang sama, sesuai pada Tabel 1.3. Sehingga para konsumen mulai banyak memanfaatkan peralatan elektroniknya pada malam hari. Sedangkan untuk rata-rata terendahnya ada pada dini hari. Karena biasanya para konsumen rumah tangga sudah banyak yang tidak melakukan aktivitas dan mulai istirahat.



Gambar 4.2. Rata-rata konsumsi listrik di subsistem Kediri dan Ngimbang.

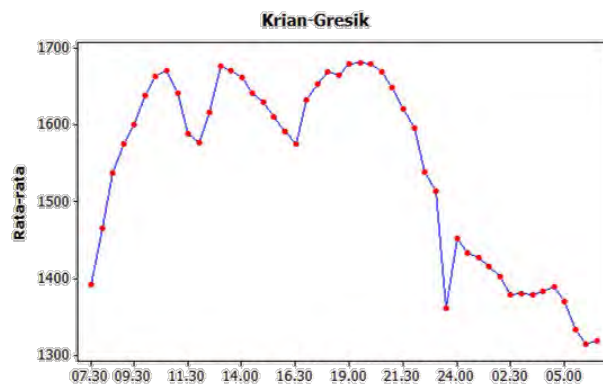
Sedangkan untuk subsistem Krian, beban tertinggi pada pukul 11.00 WIB sebesar 322,011 MW dan terendah pukul 24.00 WIB sebesar 244,977 MW. Hal ini terjadi karena mayoritas pelanggan dari subsistem Krian adalah pelanggan dari

sektor industri, dimana puncak dari penggunaan alat industri terjadi pada jam-jam kerja disiang hari, sedangkan beban terendah jam 24.00 WIB karena pada jam tersebut aktifitas industri sudah mulai menurun. Karena pekerja sudah tidak lagi bekerja. Secara visual, grafik dari rata-rata konsumsi listrik di subsistem Krian dapat dilihat di Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Rata-rata konsumsi listrik di subsistem Krian.

Pada subsistem Krian-Gresik, beban tertinggi terjadi pada jam 19.30 WIB sebesar 1.679,993 MW karena mayoritas pelanggan didominasi oleh sektor rumah tangga dan beban terendah pada pukul 06.30 WIB sebesar 1.313,619 MW. Karena biasanya konsumen khususnya rumah tangga sudah mulai melakukan aktivitas diluar rumah. Secara visual, grafik dari rata-rata konsumsi listrik di subsistem Krian-Gresik dapat dilihat di Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Rata-rata konsumsi listrik di subsistem Krian-Gresik.

4.2 Peramalan Konsumsi Beban Listrik Setiap Subsistem di Jawa Timur Menggunakan Metode ARIMA

Sebelum melakukan peramalan terhadap konsumsi beban listrik di Jawa Timur, terlebih dahulu melihat pola data berdasarkan *time series plot* seperti pada Gambar 4.1 untuk subsistem Paiton. Dengan proses yang sama, langkah-langkah tersebut dilakukan kepada subsistem Krian, Kediri, Ngimbang, dan Krian-Gresik

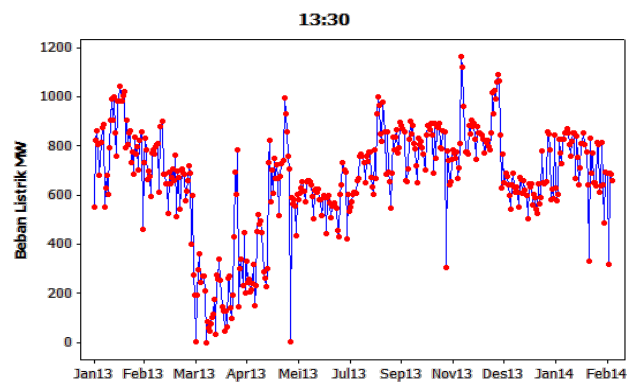
yang bisa dilihat secara visual di Lampiran 11. Penerapan metode ARIMA dilakukan untuk meramalkan konsumsi beban listrik di setiap subsistem.

Dari data setiap subsistem dicari *load peak* per shift kerja di PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali, sesuai dengan penjelasan di bagian Tabel 3.1 hingga Tabel 3.6, kemudian data tersebut dibagi menjadi dua, yaitu *in sample* sebanyak 16.038 (data mulai dari 1 Januari 2014 hingga 28 Maret 2015), dan data *out sample* data mulai tanggal 1 Maret 2015 hingga 31 Maret 2015 sebanyak 1.484 data. Setelah data dibagi menjadi *in sample* dan *out sample*, selanjutnya masing-masing data dibagi lagi dengan 48 berdasarkan waktunya yaitu tiap setengah. Setelah itu dilakukan pengelompokan data sesuai dengan shift kerja di PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali. Data *in sample* digunakan untuk mendapatkan model yang dapat digunakan untuk meramalkan beban konsumsi listrik di setiap subsistemnya sesuai dengan shift kerja di PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali, sedangkan data *out sample* digunakan untuk menentukan model terbaiknya. Prosedur tersebut dilakukan juga pada subsistem Krian, Ngimbang, Krian-Gresik, dan Kediri. Kemudian dilakukan identifikasi distribusi persebaran data di setiap subistem, dilakukan perhitungan kurtosis dan skewness disetiap data yang akan dianalisis. Hasil dari perhitungan tersebut bisa dilihat pada Tabel 4.2. Dari hasil analisis tersebut, didapatkan bahwa nilai kurtosis disetiap subsistem nilainya jauh dari 0. Sehingga bisa dikatakan bahwa data tersebut leptokurtik. Data cenderung memiliki kecenderungan condong ke kanan.

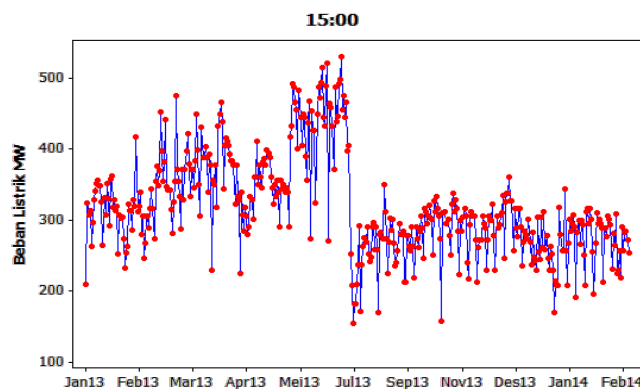
Tabel 4.2. Hasil analisis skewness dan kurtosis disetiap subsistem.

| Subsistem | Model | Skewness | Kurtosis |
|-----------|-------|----------|----------|
| Ngimbang | 13.30 | -0,56 | 5,54 |
| | 19.30 | -0,46 | 3,45 |
| | 22.30 | 0,14 | 2,81 |
| K-G | 14.00 | -1,09 | 4,54 |
| | 15.00 | -1,00 | 5,48 |
| | 22.30 | -1,55 | 9,61 |
| Krian | 11.00 | -1,50 | 9,22 |
| | 15.00 | -0,80 | 3,81 |
| | 23.00 | -2,01 | 13,24 |
| Kediri | 13.30 | -0,97 | 5,44 |
| Kediri | 18.30 | -0,55 | 11,73 |
| | 05.30 | -1,34 | 8,83 |
| Paiton | 13.30 | -2,19 | 14,39 |
| | 18.30 | -4,26 | 35,43 |
| | 22.30 | -1,76 | 24,99 |

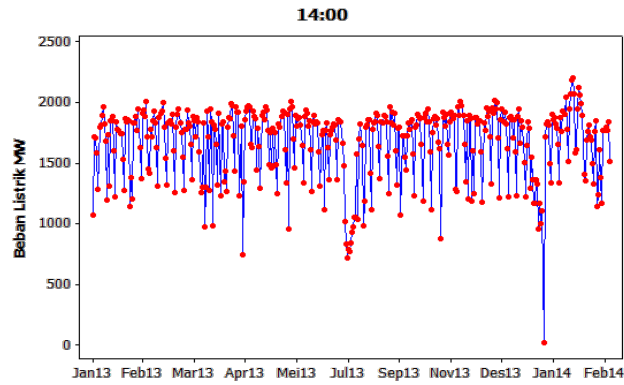
Penjelasan tahapan model ARIMA secara lengkap dalam penelitian ini akan dilakukan pada subsistem Kediri pukul 13.30, Ngimbang pukul 13.30, Paiton pukul 13.30, Krian pukul 15.00, dan Krian-Gresik pukul 14.00 yang disesuaikan dengan pembagian shift kerja yang ada di PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali, dimana pemodelan akan dilakukan sesuai dengan Tabel 3.1 yang sudah dijelaskan pemilihannya sesuai dengan Tabel 3.2 hingga Tabel 3.6. Langkah pertama dalam melakukan peramalan menggunakan metode ARIMA adalah identifikasi data untuk melihat kestasioneran dalam varians dan *mean*. Kestasioneran tersebut dapat dilihat secara visual berdasarkan *time series plot* dan plot ACF untuk setiap subsistemnya sesuai dengan Gambar 4.5 hingga Gambar 4.9. Dari Gambar 4.5 hingga Gambar 4.9 menunjukkan bahwa data-data di setiap subsistem tersebut tidak stasioner dalam *mean*. Dengan tahapan yang sama, untuk pemodelan di waktu yang berbeda pada setiap subsistem dapat dilihat di Lampiran 12.



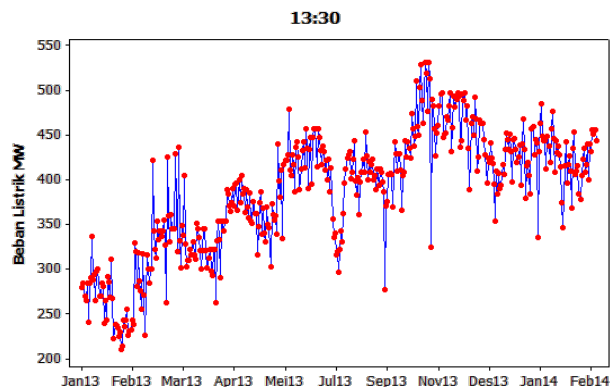
Gambar 4.5. *Time series plot* subsistem Kediri pukul 13.30



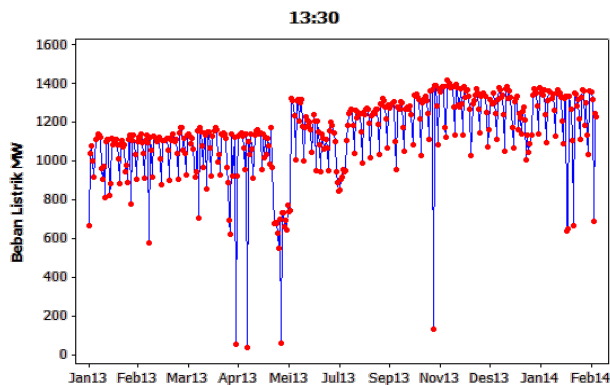
Gambar 4.6. *Time series plot* subsistem Krian pukul 15.00



Gambar 4.7. *Time series plot* subsistem Krian-Gresik pukul 14.00

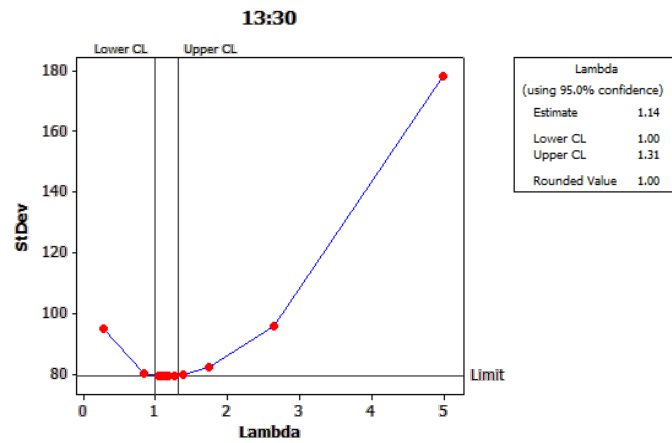


Gambar 4.8. *Time series plot* subsistem Ngimbang pukul 13.30

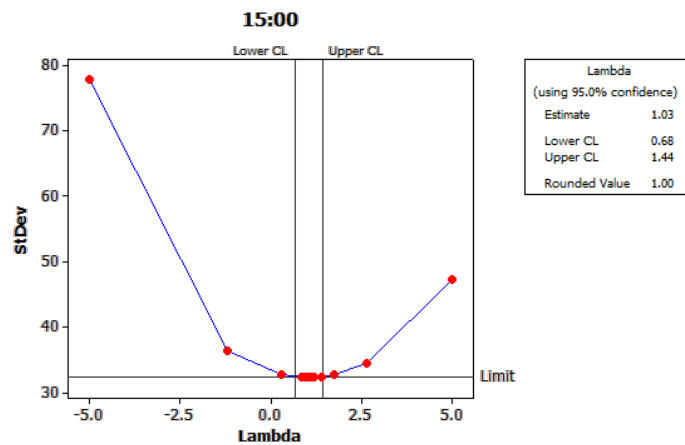


Gambar 4.9. *Time series plot* subsistem Paiton pukul 13.30

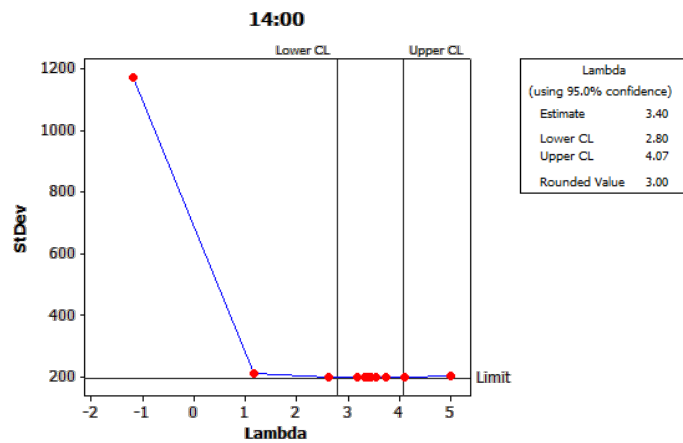
Setelah melakukan identifikasi kestasioneran dalam *mean*, langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi kestasioneran dalam *varians*. Setiap subsistem dilakukan uji Box-Cox untuk pembuktian kestasioneran dalam *varians*, secara visual hasil dari uji Box-Cox disetiap subsistem dapat dilihat di Gambar 4.10 hingga Gambar 4.14.



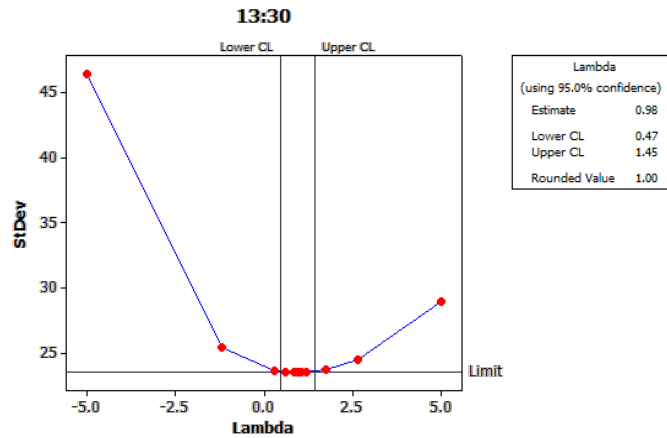
Gambar 4.10. *Box-Cox Transformation* subsistem Kediri pukul 13.30



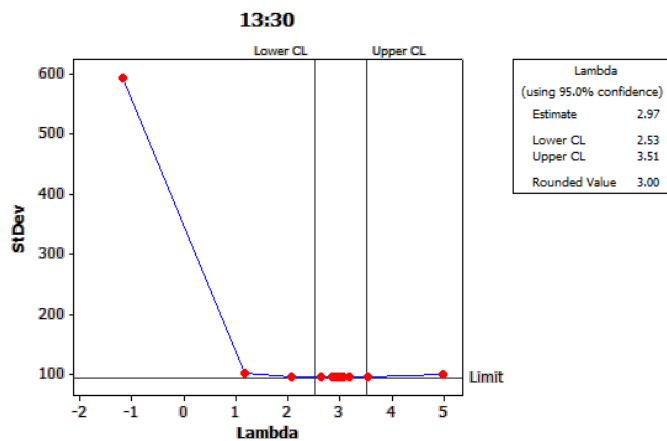
Gambar 4.11. *Box-Cox Transformation* subsistem Krian pukul 15.00



Gambar 4.12. *Box-Cox Transformation* subsistem Krian-Gresik pukul 14.00



Gambar 4.13. *Box-Cox Transformation* subsistem Ngimbang pukul 13.30



Gambar 4.14. *Box-Cox Transformation* subsistem Paiton pukul 13.30

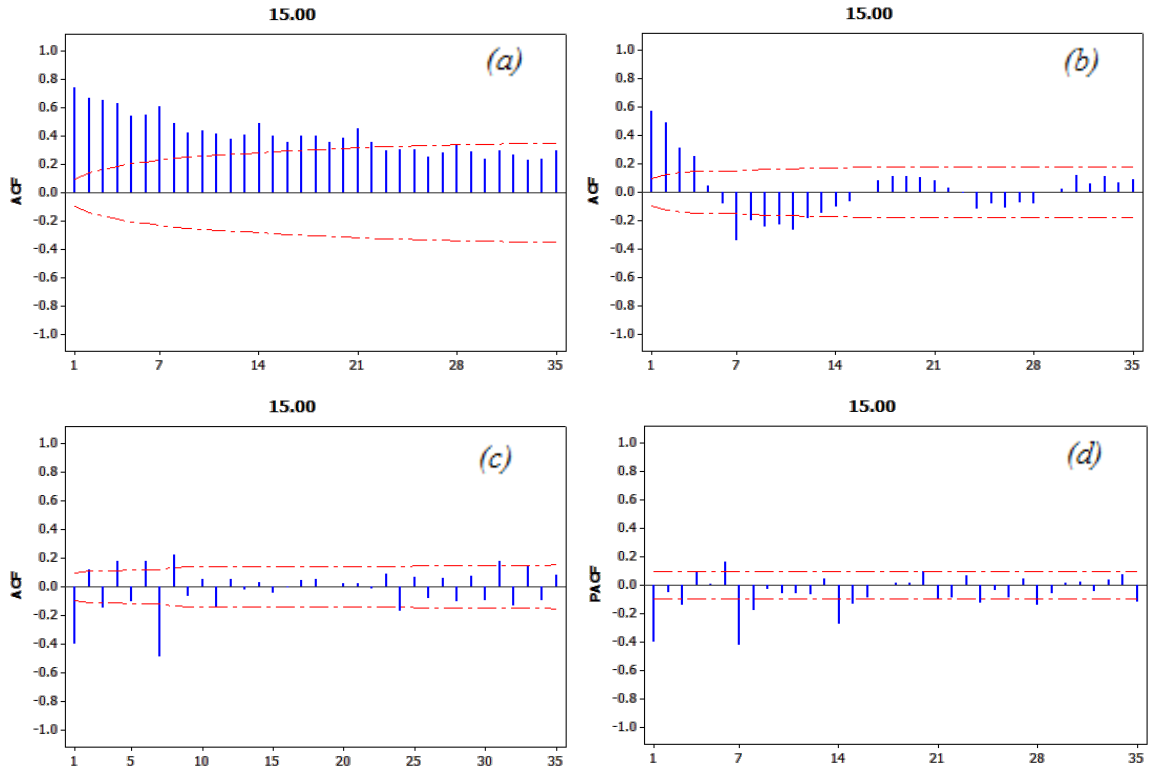
Berdasarkan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa data di subsistem Kediri pada pukul 13.30 mempunyai *rounded value* sebesar 1,00 dengan LCL = 1 dan UCL = 1,31. Sedangkan pada Gambar 4.11 data di subsistem Krian pada pukul 15.00 didapatkan *rounded value* sebesar 1,00 dengan LCL = 0,68 dan UCL = 1,44. Kemudian hasil dari Gambar 4.12 menunjukkan bahwa *rounded value* di subsistem Krian-Gresik pada pukul 14.00 sebesar 3,00 dengan LCL = 2 dan UCL = 4,07. Gambar 4.13 menghasilkan nilai *rounded value* sebesar 1,00 dengan LCL = 0,47 dan UCL = 1,45 untuk subsistem Ngimbang pada pukul 13.30. Dan yang terakhir adalah Gambar 4.14 yang didapatkan nilai *rounded value* sebesar 3,00 dengan LCL= 2,53 dan UCL = 3,51 untuk subsistem Paiton pada pukul 13.30. Melalui tahapan yang sama, untuk pemodelan diwaktu yang berbeda pada setiap subsistem dapat dilihat di Lampiran 13. Berdasarkan Lampiran 13 diketahui bahwa semua subsistem tidak perlu ditransformasi, karena semua *rounded value* masuk dalam selang interval. Setelah melakukan uji transformasi Box-Cox dan didapatkan hasil bahwa data sudah stasioner dalam varians, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi kestasioneran dalam *mean*. Berdasarkan plot ACF sesuai

pada Gambar 4.15 (a), 4.17 (a), 4.18 (a), 4.19 (a), dan 4.20 (a), menunjukkan bahwa data belum stasioner dalam *mean*, hal ini disebabkan dari lag-lag yang turun lambat ditiap lag 7. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat pola musiman mingguan. Oleh karena itu diperlukan *differencing* 7 yang hasilnya ditunjukkan sesuai dengan Gambar 4.15 (b), 4.17 (b), 4.18 (b), 4.19 (b), dan 4.20 (b).

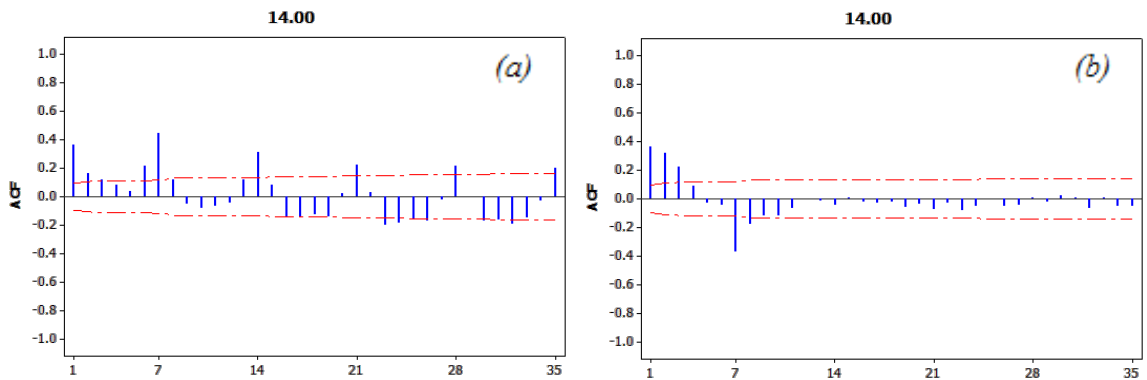
Setelah dilakukan *differencing* 7, langkah selanjutnya adalah identifikasi kembali plot ACF untuk melihat apakah data sudah stasioner atau belum. Berdasarkan Gambar 4.15 (b), 4.17 (b), 4.18 (b), 4.19 (b), dan 4.20 (b) menunjukkan bahwa data belum stasioner dalam *mean*. Karena lag-lag yang turun lambat. Oleh karena itu, dilakukan kembali *differencing* 1 dan hasilnya seperti pada Gambar 4.15 (c), 4.17 (c), 4.18 (c), 4.19 (c), dan 4.20 (c). Hasil dari *differencing* 7 dan 1 dalam Gambar 4.15 (c), 4.17 (c), 4.18 (c), 4.19 (c), dan 4.20 (c), untuk data disubsistem Krian pukul 15.00 hasil dari ACF untuk pola nonmusiman *cuts off* pada lag ke 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 8. Sedangkan untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 dari hasil dari *differencing* 7 dan 1 menunjukkan hasil plot ACF untuk pola nonmusiman *cuts off* pada lag ke 1 dan 6. Untuk subsistem Kediri, hasil dari *differencing* 7 dan 1 dalam Gambar 4.17 (c) untuk data pukul 13.30, hasil dari plot ACF untuk pola nonmusiman *cuts off* pada lag ke 1 dan 8. Hasil *differencing* 7 dan 1 untuk subsistem Paiton sesuai dengan Gambar 4.18 (c) untuk data pukul 13.30 hasil plot ACF untuk pola nonmusiman *cuts off* pada lag ke 1, 3, 4, 6, dan 8. Selanjutnya adalah hasil *differencing* 7 dan 1 dari subsistem Ngimbang sesuai dengan Gambar 4.19 (c) untuk data pukul 13.30 hasil plot ACF untuk pola nonmusiman *cuts off* pada lag ke 1, 2, 3, dan 6.

Dengan langkah yang sama dengan Gambar 4.15, 4.17, 4.18, 4.19, dan 4.20, semua subsistem yang waktunya akan dilakukan peramalan didapatkan hasil jika subsistem Krian pukul 11.00 hasil dari plot ACF untuk pola nonmusiman *cuts off* pada lag ke 1, 2, 3, 4, 6, dan 8 sedangkan Krian pukul 23.00 *cuts off* pada lag ke 1, 4, dan 5. Untuk subsistem Krian-Gresik pada pukul 15.00 *cuts off* pada lag 1, 5, dan 6, untuk pukul 23.00 *cuts off* di lag ke 1, 3, 4, 5, dan 6. Subsistem Kediri pada pukul 18.30 *cuts off* pada lag 1 dan 6, sedangkan untuk pukul 05.30 *cuts off* di lag ke 1, 2, dan 3. Subsistem Paiton untuk data pukul 18.30 *cuts off* pada lag 1, 6, dan 8, kemudian di data pukul 22.30 *cuts off* pada lag ke 1, 2, 5, 6, dan 8. Dan yang terakhir adalah subsistem Ngimbang di pukul 19.30 *cuts off* pada lag 1, 6,

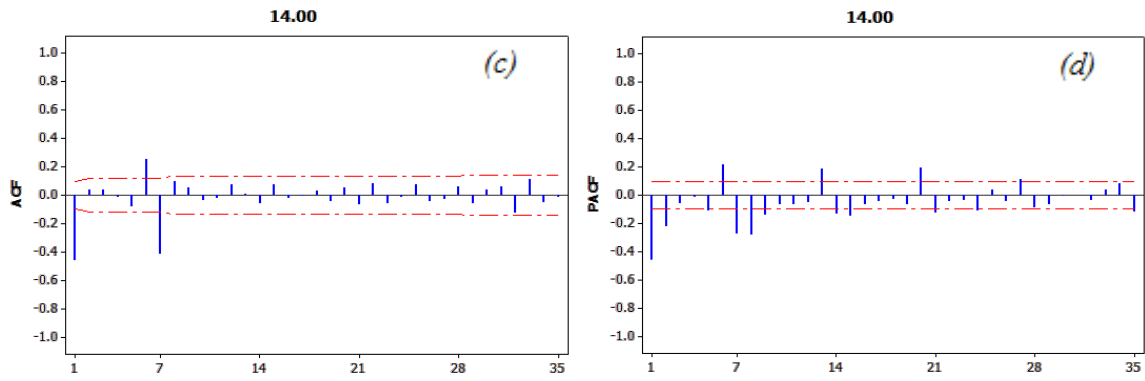
dan 8, untuk pukul 22.30 *cuts off* di lag 1, 6, dan 8. Secara visual hal ini dapat dilihat di Lampiran 14 hingga Lampiran 18.



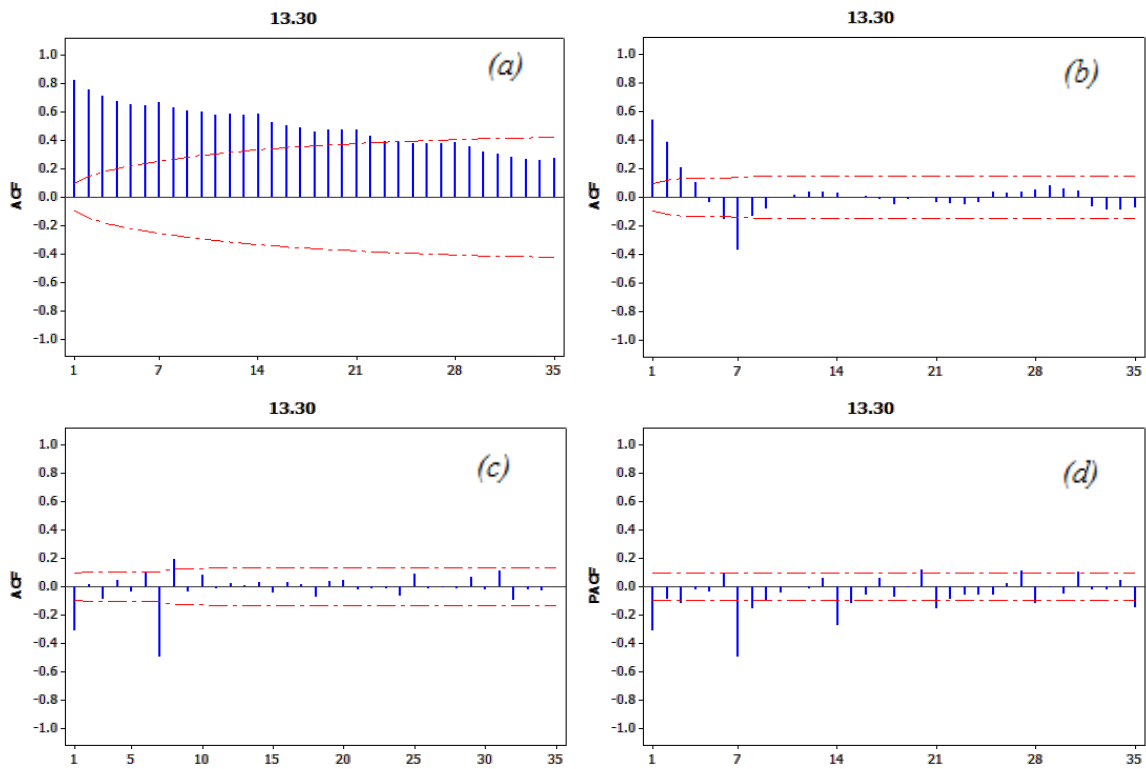
Gambar 4.15. Plot ACF subsistem Krian pukul 15.00 (a), plot ACF *differencing* 7 pukul 15.00 (b), plot ACF *differencing* 7 dan 1 pukul 15.00 (c), dan plot PACF *differencing* 7 dan 1 pukul 15.00 (d).



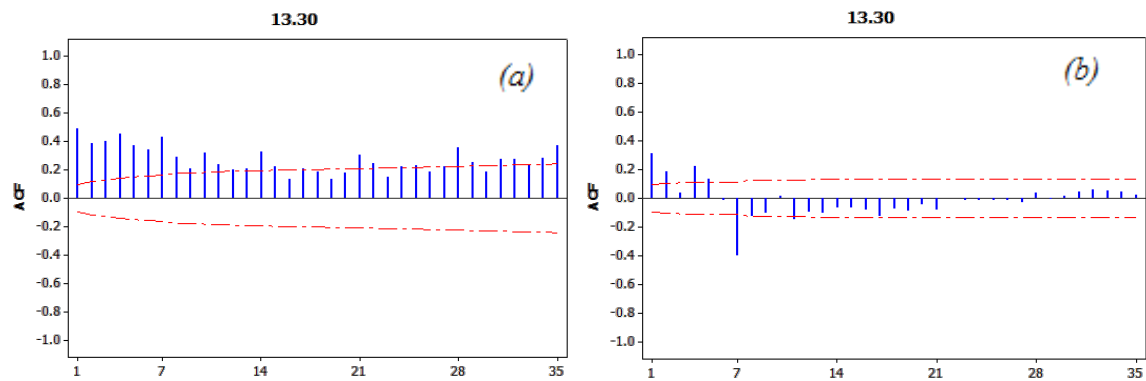
Gambar 4.16. Plot ACF subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 (a), plot ACF *differencing* 7 pukul 14.00 (b), plot ACF *differencing* 7 dan 1 pukul 14.00 (c), dan plot PACF *differencing* 7 dan 1 pukul 14.00 (d).



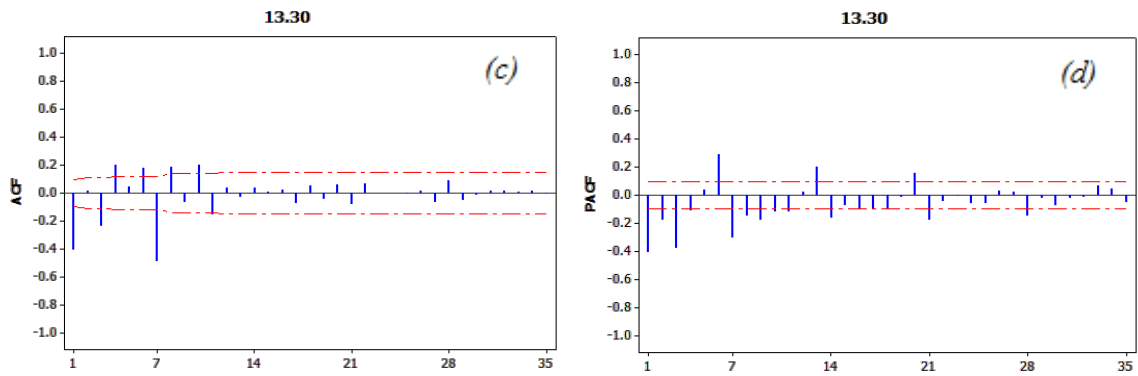
Gambar 4.16: Lanjutan



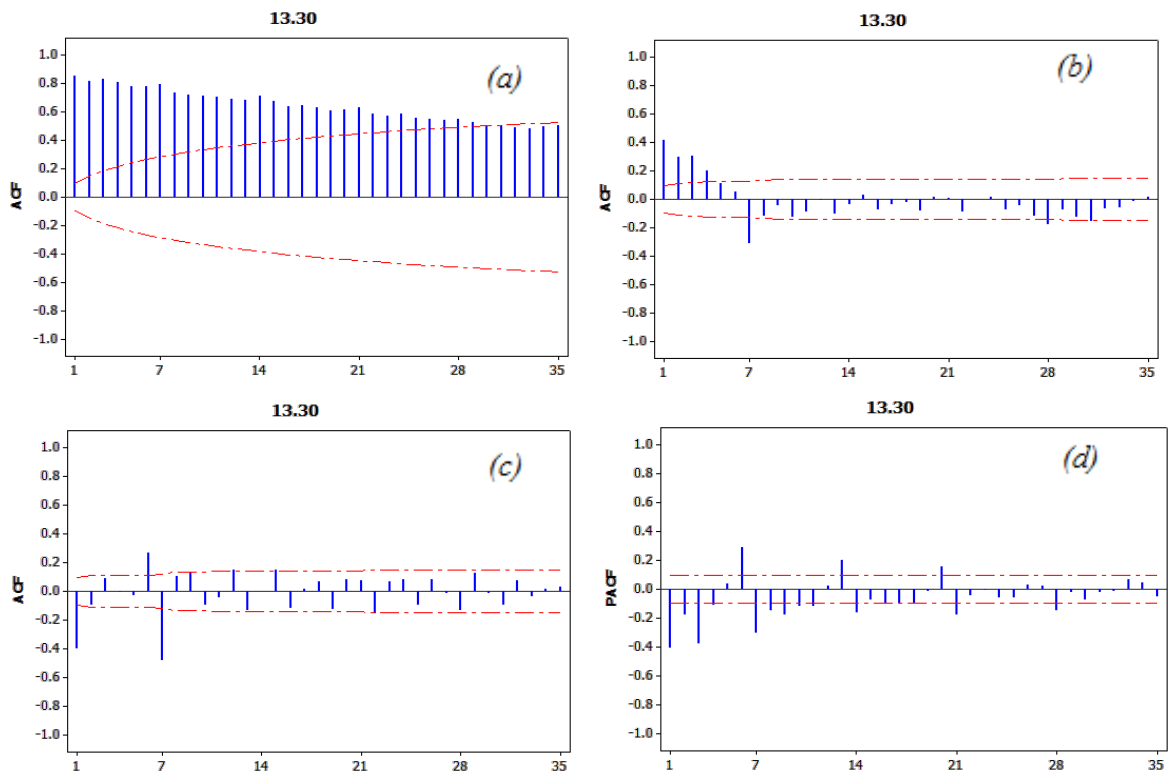
Gambar 4.17. Plot ACF subsistem Kediri pukul 13.30 (a), plot ACF *differencing 7* pukul 13.30 (b), plot ACF *differencing 7 dan 1* pukul 13.30 (c), dan plot PACF *differencing 7 dan 1* pukul 13.30 (d).



Gambar 4.18. Plot ACF subsistem Paiton pukul 13.30 (a), plot ACF *differencing 7* pukul 13.30 (b), plot ACF *differencing 7 dan 1* pukul 13.30 (c), dan plot PACF *differencing 7 dan 1* pukul 13.30 (d).



Gambar 4.18: Lanjutan



Gambar 4.19. Plot ACF subsistem Ngimbang pukul 13.30 (a), plot ACF *differencing* 7 pukul 13.30 (b), plot ACF *differencing* 7 dan 1 pukul 13.30 (c), dan plot PACF *differencing* 7 dan 1 pukul 13.30 (d).

Berdasarkan Gambar 4.15, 4.17, 4.18, 4.19, dan 4.20, hasil dari plot PACF dimasing-masing data menunjukkan adanya musiman karena *dies down* pada lag ke 7, 14, 21 keluar dari batas signifikansi. Didapatkan dugaan model ARIMA yang dapat digunakan dalam meramalkan konsumsi beban listrik Jawa Timur untuk setiap subsistemnya sesuai dengan Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Pendugaan model ARIMA di setiap subsistem Jawa Timur.

| Subsistem | Model | Pendugaan Model ARIMA |
|-----------|-------|-----------------------|
| Krian | 11.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |

Tabel 4.3: Lanjutan

| Subsistem | Model | Pendugaan Model ARIMA |
|--------------|-------|----------------------------|
| Krian | 15.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 23.00 | $(0,1,[1,6])(0,1,1)^7$ |
| Krian-Gresik | 14.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 15.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 22.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| Ngimbang | 13.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 19.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 22.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| Paiton | 13.30 | $(0,1,[1,4])(0,1,1)^7$ |
| | 18.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 22.30 | $(0,1,[1,12,16])(0,1,1)^7$ |
| Kediri | 13.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 18.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 05.30 | $(0,1,[1,3,13])(0,1,1)^7$ |

Setelah melakukan identifikasi model, langkah selanjutnya adalah estimasi dan pengujian parameter. Sebelum melakukan hal tersebut. Hasil estimasi dan pengujian parameter pada semua model dengan $\alpha = 0,05$ dalam Tabel 4.4 yang telah signifikan semua. Hal ini ditunjukkan oleh semua $p\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.4. Hasil uji signifikansi parameter pendugaan model ARIMA

| Subsistem | Model | Model ARIMA | Parameter | Estimasi | S.E | p-value |
|----------------|-------|------------------------|------------|----------|------|---------|
| Ngimbang | 13.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | θ_1 | 0,63 | 0,03 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,88 | 0,02 | <,0001 |
| Paiton | 13.30 | $(0,1,[1,4])(0,1,1)^7$ | θ_1 | 0,61 | 0,03 | <,0001 |
| | | | θ_2 | -0,13 | 0,03 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,85 | 0,02 | <,0001 |
| Kediri | 13.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | θ_1 | 0,38 | 0,04 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,83 | 0,02 | <,0001 |
| Krian | 15.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | θ_1 | 0,42 | 0,04 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,82 | 0,02 | <,0001 |
| Krian - Gresik | 14.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | θ_1 | 0,54 | 0,04 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,82 | 0,02 | <,0001 |

Tabel 4.5. Hasil pengujian asumsi residual pendugaan model ARIMA

| Subsistem Krian Pukul 15.00 $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | | | | |
|------------------------------------------------|------------|----|---------|----------------|
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 4,99 | 4 | 0,28 | <0,0001 |
| 12 | 11,55 | 10 | 0,31 | |
| 18 | 13,62 | 16 | 0,62 | |
| 24 | 23,15 | 22 | 0,39 | |

Tabel 4.5: Lanjutan

| Subsistem Krian Pukul 15.00 (0,1,1)(0,1,1) ⁷ | | | | |
|----------------------------------------------------------------|------------|----|---------|----------------|
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 30 | 30,64 | 28 | 0,33 | |
| 36 | 42,32 | 34 | 0,15 | |
| Subsistem Krian-Gresik Pukul 14.00 (0,1,1)(0,1,1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 3,30 | 4 | 0,50 | <0,0001 |
| 12 | 10,90 | 10 | 0,36 | |
| 18 | 18,10 | 16 | 0,31 | |
| 24 | 26,09 | 22 | 0,24 | |
| 30 | 30,33 | 28 | 0,34 | |
| 36 | 41,80 | 34 | 0,16 | |
| Subsistem Ngimbang Pukul 13.30 (0,1,1)(0,1,1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 5,68 | 4 | 0,22 | <0,0001 |
| 12 | 14,07 | 10 | 0,16 | |
| 18 | 20,51 | 16 | 0,19 | |
| 24 | 30,82 | 22 | 0,09 | |
| 30 | 41,86 | 28 | 0,05 | |
| 36 | 45,16 | 34 | 0,09 | |
| Subsistem Paiton Pukul 13.30 (0,1,[1,4])(0,1,1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 4,19 | 4 | 0,24 | <0,0100 |
| 12 | 16,15 | 10 | 0,06 | |
| 18 | 19,72 | 16 | 0,18 | |
| 24 | 25,96 | 22 | 0,20 | |
| 30 | 27,30 | 28 | 0,44 | |
| 36 | 34,70 | 34 | 0,38 | |
| Subsistem Kediri Pukul 13.30 (0,1,1])(0,1,1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 7,99 | 4 | 0,09 | <0,0001 |
| 12 | 12,68 | 10 | 0,24 | |
| 18 | 17,78 | 16 | 0,33 | |
| 24 | 26,75 | 22 | 0,22 | |
| 30 | 32,23 | 28 | 0,26 | |
| 36 | 33,57 | 34 | 0,48 | |

Langkah selanjutnya setelah uji signifikansi parameter adalah melakukan uji residual bersifat *white noise* dan berdistribusi normal. Tabel 4.5 menunjukkan bahwa untuk model disetiap subsistem tidak berdistribusi normal. Namun memenuhi asumsi *white noise*. Hal ini dapat dijelaskan oleh semua *p-value* pada lag pengujian *white noise* lebih dari α . Sedangkan untuk pengujian normalitas tidak memenuhi asumsi residual berdistribusi normal, karena *p-value* kurang dari α . Hasil uji normalitas residual berdasarkan uji Kolmogorov Smirnov dapat dilihat pada Tabel 4.5. Ketidaknormalan pada residual ini disebabkan kemungkinan terdapat *outlier*. Oleh karena itu, dalam mengatasi hal tersebut perlu dilakukan

deteksi *outlier*. Setelah data *outlier* didapatkan, langkah selanjutnya adalah memasukkan *outlier* kedalam model peramalan. Dalam penelitian ini dibatasi jumlah *outlier* yang dimasukkan dalam model peramalan sebanyak 20. Masing-masing subsistem dapat dilihat jumlah *outlier*-nya di Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Jumlah *outlier* di setiap subsistem

| Subsistem | Model | Jumlah <i>outlier</i> | |
|-----------|-------|-----------------------|--------------------|
| | | <i>Additive</i> | <i>Level Shift</i> |
| Ngimbang | 13.30 | 15 | 5 |
| | 19.30 | 11 | 9 |
| | 22.30 | 12 | 8 |
| K-G | 14.00 | 18 | 2 |
| | 15.00 | 18 | 2 |
| | 22.30 | 16 | 4 |
| Krian | 11.00 | 15 | 3 |
| | 15.00 | 15 | 5 |
| | 23.00 | 15 | 5 |
| Kediri | 13.30 | 10 | 10 |
| | 18.30 | 12 | 8 |
| | 05.30 | 9 | 11 |
| Paiton | 13.30 | 17 | 3 |
| | 18.30 | 11 | 6 |
| | 22.30 | 11 | 3 |

Hasil dari deteksi *outlier* dan pengujian signifikansi parameter di setiap model ARIMA dapat dilihat dalam Tabel 4.8 hingga Tabel 4.12. setelah *outlier* ditambahkan, didapatkan model ARIMA sesuai dengan Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Model ARIMA setelah dilakukan penambahan *outlier*

| Subsistem | Model | Pendugaan Model ARIMA |
|--------------|-------|------------------------------|
| Krian | 11.00 | $([1,2,14,28],1,0)(1,1,0)^7$ |
| | 15.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 23.00 | $(1,1,[2])(0,1,1)^7$ |
| Krian-Gresik | 14.00 | $(0,1,[1,6,12])(0,1,1)^7$ |
| | 15.00 | $([1,14],1,[2])(1,1,0)^7$ |
| | 22.30 | $(0,1,[1,3])(0,1,1)^7$ |
| Ngimbang | 13.30 | $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ |
| | 19.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 22.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| Paiton | 13.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |

Tabel 4.7: Lanjutan

| Subsistem | Model | Pendugaan Model ARIMA |
|-----------|-------|--------------------------|
| Paiton | 18.30 | $(0,1,[1,2,3])(0,1,1)^7$ |
| | 22.30 | $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$ |
| Kediri | 13.30 | $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$ |
| | 18.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ |
| | 05.30 | $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ |

Tabel 4.8. Hasil uji signifikansi parameter model ARIMA $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ untuk subsistem Ngimbang 13.30

| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
|----------|--------------------|----------|----------------|----------------|
| - | θ_1 | 0,503 | <0,0001 | - |
| - | θ_2 | 0,139 | 0,0056 | - |
| - | Θ_1 | 0,878 | <0,0001 | - |
| 207 | $\tilde{\omega}_1$ | -49,919 | 0,0019 | <i>LS</i> |
| 217 | $\tilde{\omega}_2$ | -52,269 | 0,0025 | <i>LS</i> |
| 53 | $\tilde{\omega}_3$ | -59,170 | 0,0006 | <i>AO</i> |
| 376 | $\tilde{\omega}_4$ | 54,978 | 0,0014 | <i>AO</i> |

Tabel 4.9. Hasil uji signifikansi parameter model ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)^7$ untuk subsistem Paiton 13.30

| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
|----------|--------------------|----------|----------------|----------------|
| - | θ_1 | 0,491 | <0,0001 | - |
| - | Θ_1 | 0,929 | <0,0001 | - |
| 36 | $\tilde{\omega}_1$ | -347,199 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| 99 | $\tilde{\omega}_2$ | -303,710 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| 14 | $\tilde{\omega}_3$ | -257,814 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| 190 | $\tilde{\omega}_4$ | -260,721 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| 209 | $\tilde{\omega}_5$ | -226,219 | <0,0001 | <i>LS</i> |

Tabel 4.10. Hasil uji signifikansi parameter model ARIMA $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$ untuk subsistem Kediri 13.30

| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
|----------|--------------------|----------|----------------|----------------|
| - | θ_1 | 0,376 | <0,0001 | - |
| - | θ_{18} | 0,163 | 0,0006 | - |
| - | Θ_1 | 0,935 | <0,0001 | - |
| 207 | $\tilde{\omega}_2$ | -199,936 | 0,0013 | <i>AO</i> |
| 377 | $\tilde{\omega}_3$ | 202,315 | 0,0012 | <i>AO</i> |
| 303 | $\tilde{\omega}_4$ | -244,376 | 0,0004 | <i>LS</i> |

Tabel 4.11. Hasil uji signifikansi parameter model ARIMA (0,1,1)(0,1,1)⁷ untuk subsistem Krian 15.00

| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
|----------|--------------------|----------|----------------|----------------|
| - | θ_1 | 0,433 | <0,0001 | - |
| - | Θ_1 | 0,965 | <0,0001 | - |
| 180 | $\tilde{\omega}_1$ | -72,367 | 0,0004 | AO |
| 374 | $\tilde{\omega}_2$ | 69,923 | 0,0006 | AO |
| 64 | $\tilde{\omega}_3$ | -76,248 | 0,0005 | LS |
| 104 | $\tilde{\omega}_4$ | 67,120 | 0,0020 | LS |
| 31 | $\tilde{\omega}_5$ | -66,085 | 0,0013 | AO |

Tabel 4.12. Hasil uji signifikansi parameter ARIMA (0,1,[1,6,12])(0,1,1)⁷ untuk subsistem Krian-Gresik 14.00

| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
|----------|--------------------|----------|----------------|----------------|
| - | θ_1 | 0,509 | <0,0001 | - |
| - | θ_6 | 0,126 | 0,0040 | - |
| - | θ_{12} | -0,091 | 0,0429 | - |
| - | Θ_1 | 0,959 | <0,0001 | - |
| 93 | $\tilde{\omega}_1$ | -583,547 | <0,0001 | AO |
| 90 | $\tilde{\omega}_2$ | -540,168 | <0,0001 | AO |
| 223 | $\tilde{\omega}_3$ | -499,296 | <0,0001 | AO |

Pada Tabel 4.8 hingga Tabel 4.12 didapatkan hasil bahwa semua parameter untuk semua model disetiap subsistem sudah signifikan. Karena masing-masing model mempunyai *p-value* kurang dari $\alpha = 0,05$, data *outlier* kebanyakan disebabkan oleh adanya hari libur. Misalnya untuk data ke 212 merupakan hari raya idul fitri pada tanggal 28 Juli 2014, data 1 yang merupakan hari libur tahun baru 1 Januari 2014. Begitu juga dengan pemodelan di subsistem disetiap waktu yang berbeda, dapat dilihat di Lampiran 19 hingga Lampiran 21.

Tabel 4.13. Hasil pengujian asumsi residual model ARIMA dengan *outlier* disetiap subsistem

| Subsistem Krian Pukul 15.00 (0,1,1)(0,1,1) ⁷ | | | | |
|---------------------------------------------------------|-------------------|-----------|----------------|---------------------|
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | <i>Chi square</i> | <i>df</i> | <i>p-value</i> | <i>p-value</i> |
| 6 | 8,26 | 4 | 0,08 | D = 0,02 >0,1500 |
| 12 | 1796 | 10 | 0,05 | |
| 18 | 20,61 | 16 | 0,19 | |
| 24 | 26,77 | 22 | 0,22 | |
| 30 | 33,22 | 28 | 0,22 | |
| 36 | 39,17 | 34 | 0,24 | |

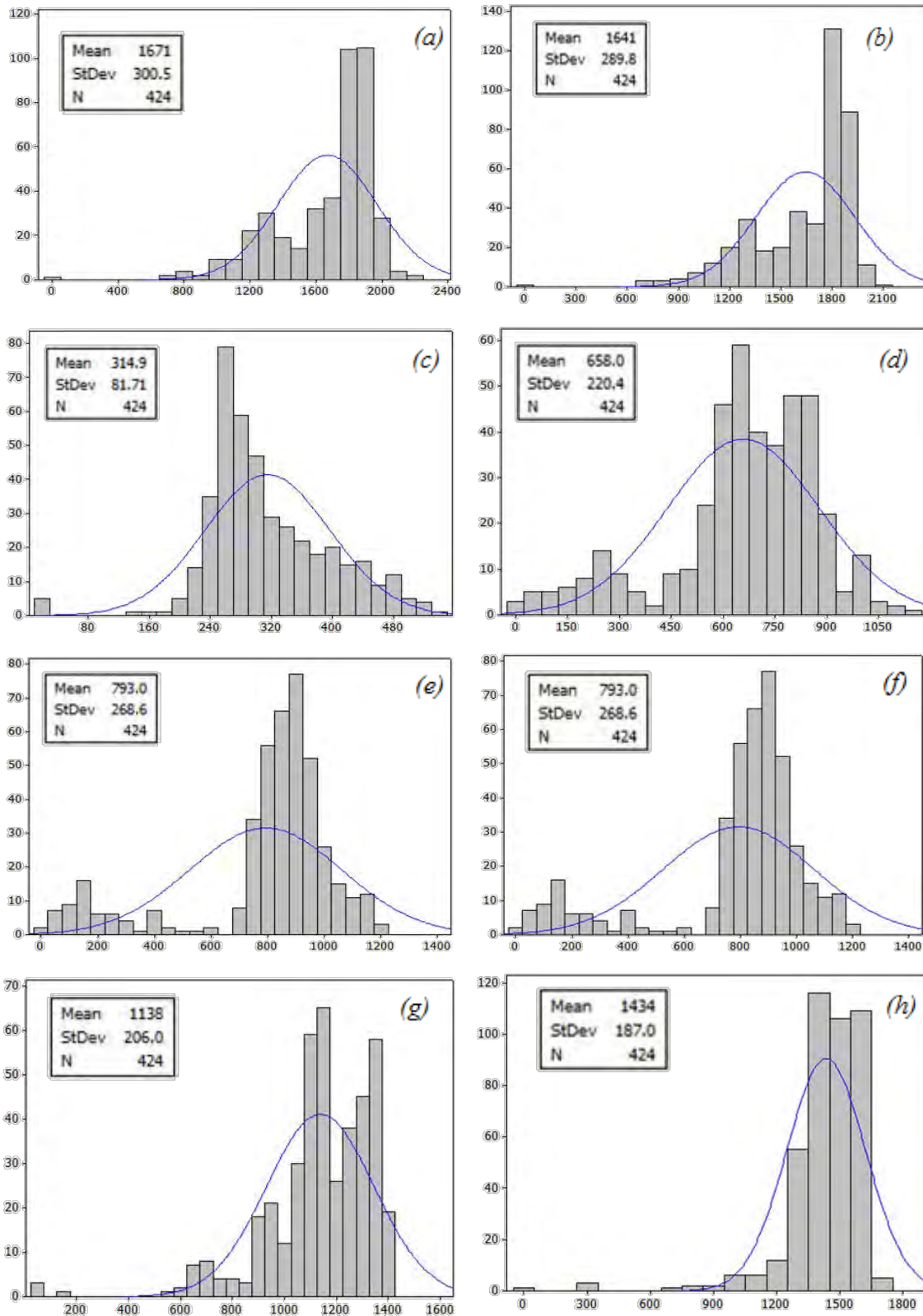
Tabel 4.13: Lanjutan

| Subsistem Krian-Gresik Pukul 14.00 (0,1,[1,6,12])(0,1,1) ⁷ | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|----|---------|---------------------|
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 4,63 | 2 | 0,09 | D = 0,08 <0,0100 |
| 12 | 10,52 | 8 | 0,23 | |
| 18 | 14,13 | 14 | 0,43 | |
| 24 | 15,59 | 20 | 0,74 | |
| 30 | 19,72 | 26 | 0,80 | |
| 36 | 23,45 | 32 | 0,86 | |
| Subsistem Ngimbang Pukul 13.30 (0,1,[1,2])(0,1,1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 6,52 | 3 | 0,08 | D = 0,02 >0,1500 |
| 12 | 9,78 | 9 | 0,36 | |
| 18 | 20,29 | 15 | 0,16 | |
| 24 | 29,80 | 21 | 0,09 | |
| 30 | 35,82 | 27 | 0,11 | |
| 36 | 43,11 | 33 | 0,11 | |
| Subsistem Paiton Pukul 13.30 (0,1,1)(0,1,1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 4,55 | 4 | 0,33 | D = 0,11 <0,0100 |
| 12 | 13,72 | 10 | 0,18 | |
| 18 | 17,65 | 16 | 0,34 | |
| 24 | 29,51 | 22 | 0,13 | |
| 30 | 33,61 | 28 | 0,21 | |
| 36 | 40,01 | 34 | 0,22 | |

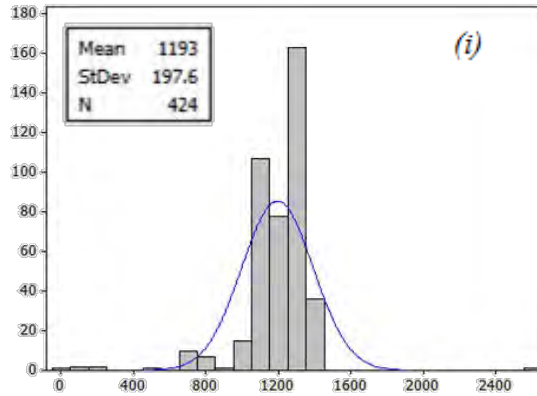
Setelah melakukan pengujian signifikansi parameter dengan deteksi *outlier* pada masing-masing model di setiap subsistem, dengan pengujian yang sama, hasil pengujian tersebut dapat dilihat secara rinci di Lampiran 22 dan didapatkan hasil bahwa semua model disetiap subsistem memenuhi asumsi residual bersifat *white noise*. Hal ini juga dapat dilihat dari Tabel 4.13 dimana semua *p-value* memiliki nilai lebih dari α . Namun hanya beberapa model yang residualnya memenuhi uji normalitas, yaitu pada model Ngimbang 13.30, Ngimbang 19.30, Ngimbang 22.30, Krian-Gresik 22.30, Krian 11.00, dan Krian 15.00. Model lainnya tidak memenuhi uji normalitas meskipun sudah dilakukan deteksi *outlier*. Namun tetap saja residualnya tidak normal.

Hal ini disebabkan karena kurva pada distribusi residualnya berbentuk *leptokurtik*, kurva jenis *leptokurtik* tersebut ditandai dengan kurva distribusinya lebih runcing dibandingkan dengan kurva normal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.20. Pada penelitian yang dilakukan oleh Kostangko & Hyndman (2008) menyebutkan bahwa uji signifikansi statistik seperti signifikansi parameter dan uji asumsi residual berdistribusi normal mempunyai peranan yang sedikit untuk peramalan bisnis. Sedangkan menurut Diebold & Marino (1995). dalam

menentukan hasil atau kualitas ramalan terbaik biasanya dilihat dari tingkat akurasinya.



Gambar 4.20. Kurva model subsistem Krian-Gresik 14.00 (a), Krian-Gresik 15.00 (b), Krian-Gresik 23.00 (c), Kediri 13.30 (d), Kediri 18.30 (e), Kediri 05.30 (f), Paiton 13.30 (g), Paiton 18.30 (h), dan Paiton 22.30 (i)



Gambar 4.20: Lanjutan

Hasil nilai skewness dan kurtosis dari model setelah dilakukan deteksi *outlier* dapat dilihat di Tabel 4.14, dihasilkan bahwa residual pada model Ngimbang 13.30, Ngimbang 19.30, Ngimbang 22.30, Krian-Gresik 22.30, Krian 11.00, dan Krian 15.00 mendekati kurva berdistribusi normal. Hal ini bisa dilihat dari nilai skewness dan kurtosis yang mendekati nilai 0, sedangkan untuk model yang lainnya tetap berbentuk *leptokurtik*.

Tabel 4.14. Nilai skewness dan kurtosis setelah dideteksi *outlier*

| Subsistem | Model | skewness | kurtosis |
|--------------|-------|----------|----------|
| Ngimbang | 13.30 | 0,01 | -0,17 |
| | 19.30 | -0,28 | -0,01 |
| | 22.30 | 0,07 | -0,11 |
| Krian-Gresik | 14.00 | -0,76 | 3,28 |
| | 15.00 | -0,48 | 2,45 |
| | 22.30 | -0,25 | 0,63 |
| Krian | 11.00 | 0,22 | 1,93 |
| | 15.00 | 0,16 | 0,35 |
| | 23.00 | -0,14 | 1,18 |
| Kediri | 13.30 | 0,06 | 1,02 |
| | 18.30 | -0,23 | 1,68 |
| | 05.30 | -0,46 | 3,29 |
| Paiton | 13.30 | -0,81 | 3,51 |
| | 18.30 | -0,69 | 1,7 |
| | 22.30 | -0,52 | 2,55 |

Secara sistematis, persamaan umum model ARIMA musiman adalah sebagai berikut.

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)a_t.$$

Sehingga persamaan model ARIMA dengan *outlier* untuk peramalan konsumsi listrik di setiap subsistem sebagai berikut.

1. Model persamaan subsistem Ngimbang pukul 13.30

$$\begin{aligned}
 y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,87a_t - 0,5a_{t-1} + 0,435a_{t-8} - 0,13a_{t-12} \\
 & + 0,113a_{t-9} - 174,13I_t^{(288)} + 107I_t^{(59)} + 110,5I_t^{(80)} - 75,82I_t^{(70)} \\
 & + 68,49S_t^{(44)} - 82,77I_t^{(59)} + 95,03I_t^{(78)} - 67,95S_t^{(207)} + 65,23S_t^{(217)} \\
 & - 74,3I_t^{(53)} - 70,16I_t^{(376)} + 78,6I_t^{(71)} + 74,36I_t^{(85)} + 66,64S_t^{(162)} \\
 & - 69,53I_t^{(111)} - 61,73I_t^{(166)} - 49,91S_t^{(27)} - 52,26I_t^{(115)} \\
 & - 59,17I_t^{(370)} + 54,97I_t^{(171)}
 \end{aligned}$$

2. Model persamaan subsistem Krian pukul 15.00

$$\begin{aligned}
 y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,96a_{t-7} - 0,43a_{t-1} + 0,412a_{t-8} \\
 & - 208,72I_t^{(190)} - 170,25I_t^{(176)} - 143,33S_t^{(207)} - 138,96I_t^{(99)} \\
 & + 149,83I_t^{(40)} + 124,24I_t^{(71)} - 102,78I_t^{(90)} - 107,14I_t^{(121)} \\
 & - 102,81I_t^{(108)} - 97,01S_t^{(209)} - 106,91I_t^{(1)} + 81,05I_t^{(214)} - 87,26I_t^{(278)} \\
 & - 78,38I_t^{(14)} + 86,37S_t^{(160)} - 72,36I_t^{(180)} + 69,92I_t^{(374)} \\
 & - 76,24S_t^{(64)} + 67,12S_t^{(104)} - 66,08I_t^{(31)}
 \end{aligned}$$

3. Model persamaan subsistem Krian-Gresik pukul 14.00

$$\begin{aligned}
 y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,95a_{t-7} - 0,59a_{t-1} + 0,475a_{t-8} \\
 & - 0,12a_{t-16} + 0,114a_{t-13} + 0,09a_{t-12} - 0,085a_{t-19} - 1570,7I_t^{(370)} \\
 & - 1005,9I_t^{(286)} - 954,78I_t^{(161)} - 845,05I_t^{(123)} - 896,46I_t^{(99)} \\
 & - 929,79I_t^{(92)} - 747,76I_t^{(253)} - 710,34I_t^{(190)} - 604S_t^{(209)} \\
 & - 654,41I_t^{(311)} - 654,26I_t^{(308)} - 634,86I_t^{(31)} - 615,55I_t^{(121)} \\
 & - 579,54I_t^{(105)} - 703,49I_t^{(1)} + 640,58S_t^{(219)} - 522,05I_t^{(414)} - 583,54I_t^{(93)}
 \end{aligned}$$

4. Model persamaan subsistem Kediri pukul 13.30

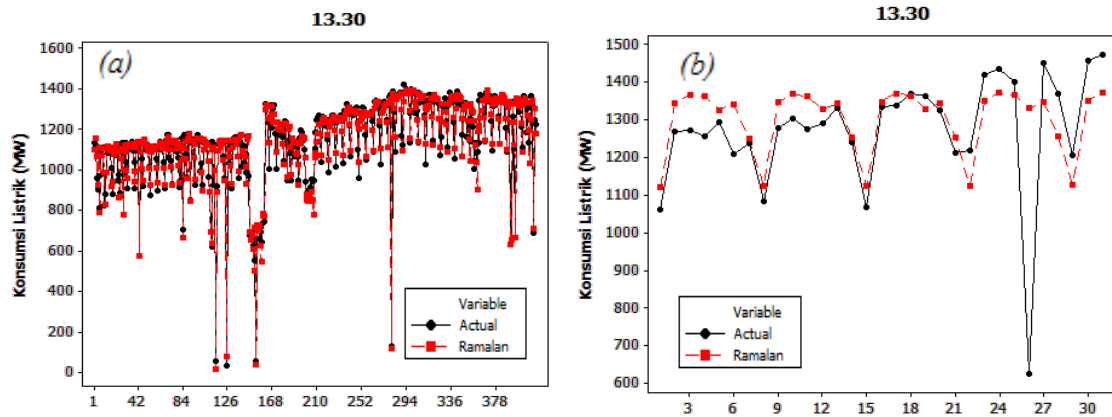
$$\begin{aligned}
 y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,37a_{t-1} - 0,93a_{t-7} + 0,344a_{t-8} \\
 & - 0,16a_{t-18} + 0,148a_{t-25} - 673,31I_t^{(161)} - 492,63I_t^{(288)} \\
 & - 432,93I_t^{(405)} - 505,43S_t^{(119)} + 415,86S_t^{(143)} + 388,27S_t^{(116)} \\
 & - 346,21I_t^{(421)} + 350,51S_t^{(301)} - 304,94I_t^{(1)} - 315,01S_t^{(80)} \\
 & + 256,24I_t^{(81)} - 238,51I_t^{(84)} - 254,01S_t^{(333)} + 279,67S_t^{(232)} \\
 & - 292,46S_t^{(9)} + 270,34S_t^{(134)} - 235,61I_t^{(40)} - 199,93I_t^{(207)} \\
 & + 202,31I_t^{(377)} - 244,37S_t^{(303)}
 \end{aligned}$$

5. Model persamaan subsistem Paiton pukul 13.30

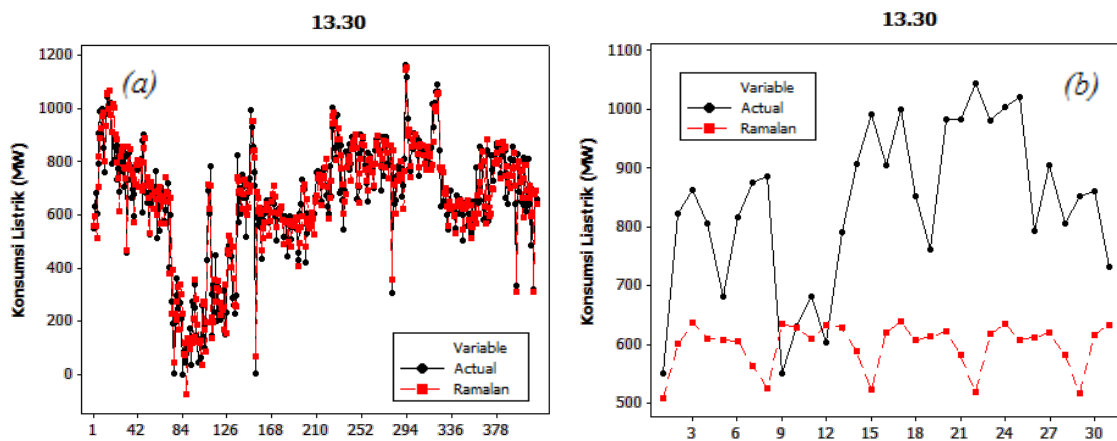
$$\begin{aligned}
 y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,92a_{t-7} - 0,49a_{t-1} + 0,4508a_{t-8} \\
 & - 1248,8I_t^{(288)} - 1085,9I_t^{(133)} - 965,57I_t^{(123)} - 662,44I_t^{(161)} - 664,7I_t^{(405)} \\
 & + 566,77S_t^{(170)} - 702,17I_t^{(400)} - 535,94I_t^{(51)} - 662,14I_t^{(401)} \\
 & - 587,5I_t^{(422)} - 382,51S_t^{(155)} - 437,91I_t^{(92)} - 468,24I_t^{(119)} \\
 & - 388,91I_t^{(118)} - 414,31I_t^{(1)} - 347,19I_t^{(36)} - 303,71I_t^{(99)} \\
 & - 257,81I_t^{(14)} - 260,72I_t^{(190)} - 226,21S_t^{(209)}
 \end{aligned}$$

Dimana $I_t^{(x)}$ dan $S_t^{(x)}$ merupakan *outlier* yang bertipe *additive* untuk I dan bertipe *level shift* untuk variabel S dengan (x) adalah indeks ke $-t$. Dengan melakukan prosedur yang sama, pemodelan disubsistem lain juga dapat dilihat pada Lampiran 50.

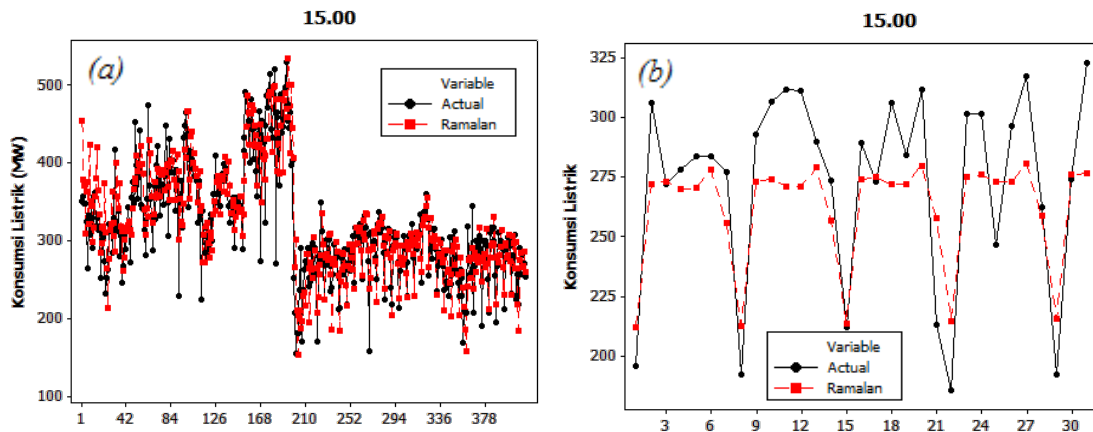
Hasil dari selisih antara data aktual dengan hasil ramalan untuk konsumsi listrik disetiap subsistem berdasarkan data *in sample* tidak terlalu jauh dan mempunyai pola yang sama, terlihat pada Gambar 4.21 (a), 4.31 (a), 4.32 (a), 4.33 (a), dan 4.34 (a). Kemudian untuk hasil ramalan berdasarkan *out sample* terlihat mempunyai pola yang sama. hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.21 (b), 4.31 (b), 4.32 (b), 4.33 (b), dan 4.34 (b). Secara rinci hasil dari ramalan konsumsi beban listrik untuk setiap subsistem dalam 31 hari kedepan dapat dilihat pada Lampiran 23 hingga Lampiran 27.



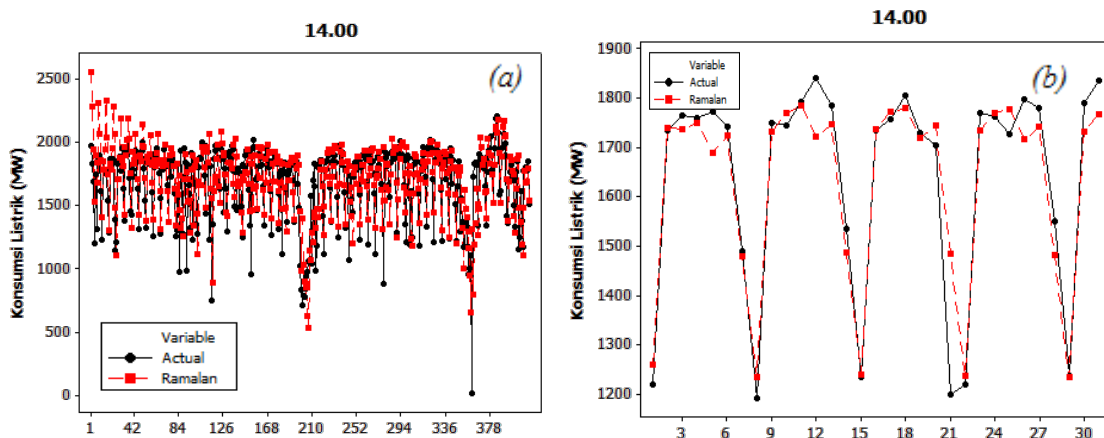
Gambar 4.21. Hasil perbandingan ramalan dengan data aktual berdasarkan *in sample* (a) dan *out sample* di subsistem Paition pukul 13.30 (b)



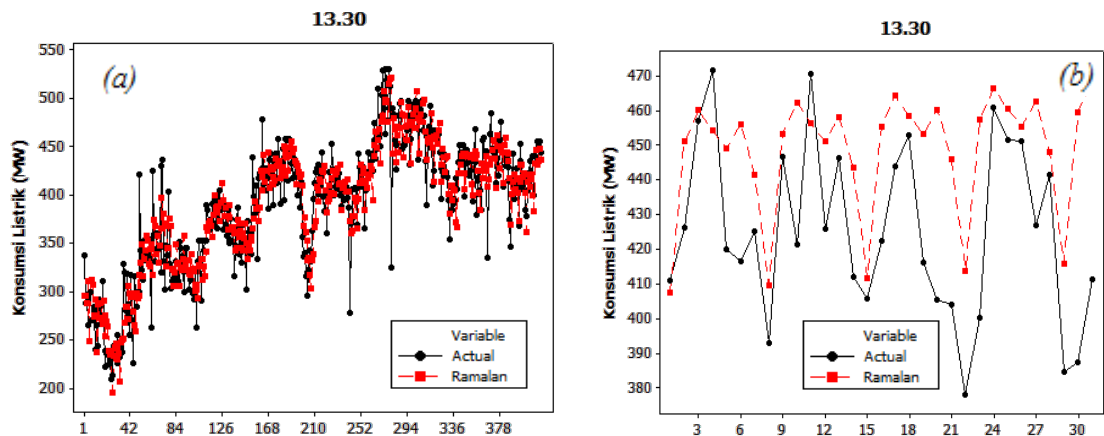
Gambar 4.22. Hasil perbandingan ramalan dengan data aktual berdasarkan *in sample* (a) dan *out sample* di subsistem Kediri pukul 13.30 (b)



Gambar 4.23. Hasil perbandingan ramalan dengan data aktual berdasarkan *in sample* (a) dan *out sample* di subsistem Krian pukul 15.00 (b)



Gambar 4.24. Hasil perbandingan ramalan dengan data aktual berdasarkan *in sample* (a) dan *out sample* di subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 (b)

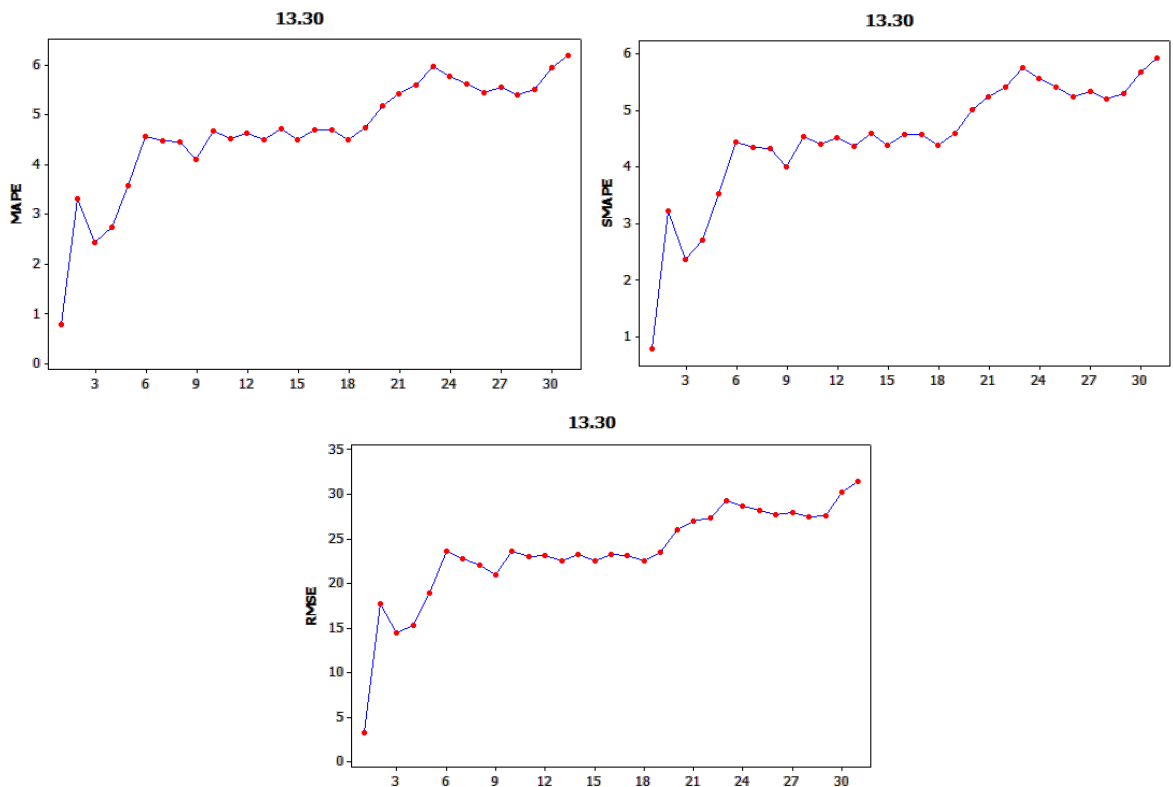


Gambar 4.25. Perbandingan ramalan dan aktual berdasarkan *in sample* (a) dan *out sample* di subsistem Ngimbang pukul 13.30 (b)

Hasil dari selisih antara data aktual dengan hasil ramalan untuk konsumsi listrik di subsistem Ngimbang pukul 19.30 dan 22.30 berdasarkan data *in sample* tidak terlalu jauh. Begitu juga dengan data ramalan yang didapatkan dari ramalan *out sample* pada masing-masing model disetiap subsistem menunjukkan hasil yang

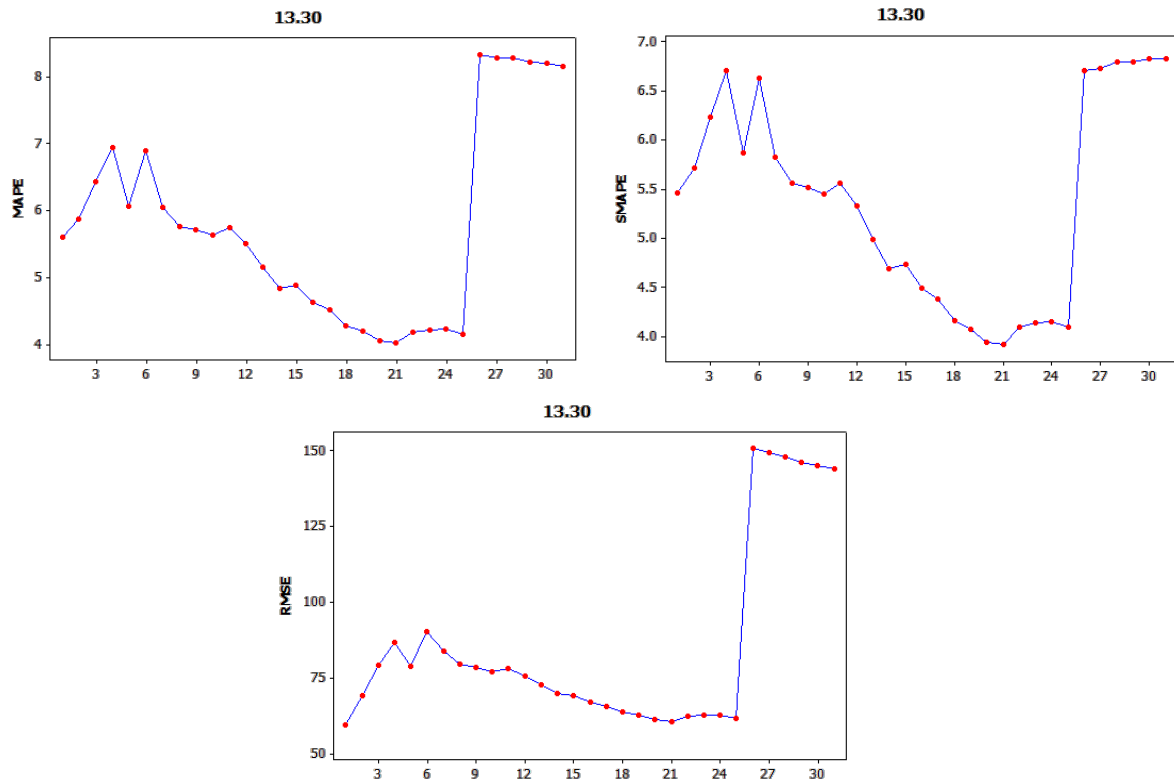
cukup baik berdasarkan Lampiran 28. Hal tersebut terjadi juga di model-model subsistem lainnya.

Berdasarkan hasil ramalan tersebut, dapat diketahui bahwa model yang dihasilkan berdasarkan metode ARIMA untuk subsistem Ngimbang pukul 13.30 dimana batas toleransi yang masih diterima PT. PLN (Persero) P3B Jawa Timur & Bali dari kesalahan MAPE dan SMAPE kurang dari 5%. Berdasarkan Gambar 4.26 menunjukkan hasil yang cukup baik hingga hari ke 19, sedangkan untuk hari ke 20 hingga 31 mempunyai MAPE, SMAPE dan RMSE yang besar.



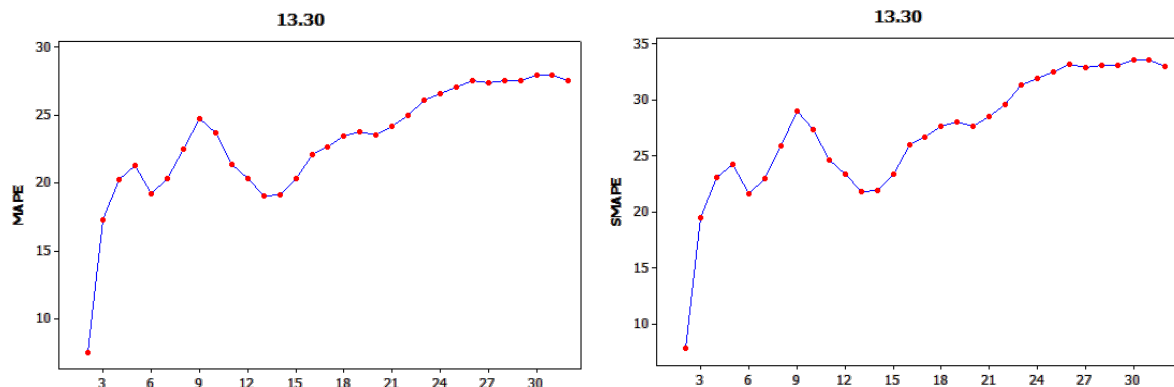
Gambar 4.26. Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE untuk mengukur keakuratan model di subsistem Ngimbang Pukul 13.30

Analisis tersebut dilakukan juga kepada subsistem Ngimbang pukul 19.30, dan 22.30. Ngimbang pukul 19.30 menunjukkan hasil yang cukup baik dari hari ke dua hingga ke tiga puluh satu, sedangkan untuk subsistem Ngimbang pukul 22.30 menunjukkan hasil yang baik, hasil peramalan menunjukkan nilai yang cukup bagus dari hari ke 1 hingga hari ke 31, dimana error MAPE dan SMAPE seluruhnya dibawah 5%. Secara visual untuk subsistem Ngimbang dapat dilihat di Lampiran 33 secara lengkap.

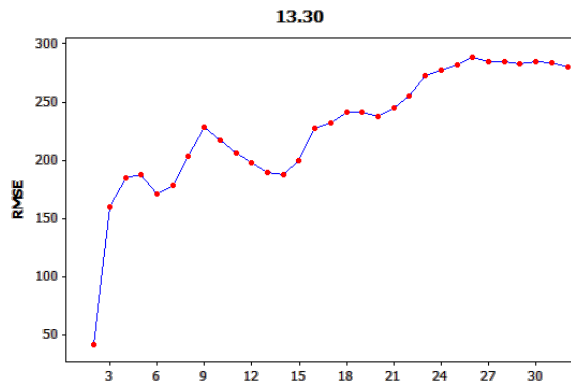


Gambar 4.27. Grafik MAPE, SMAPE, dan subsistem Paiton pukul 13.30

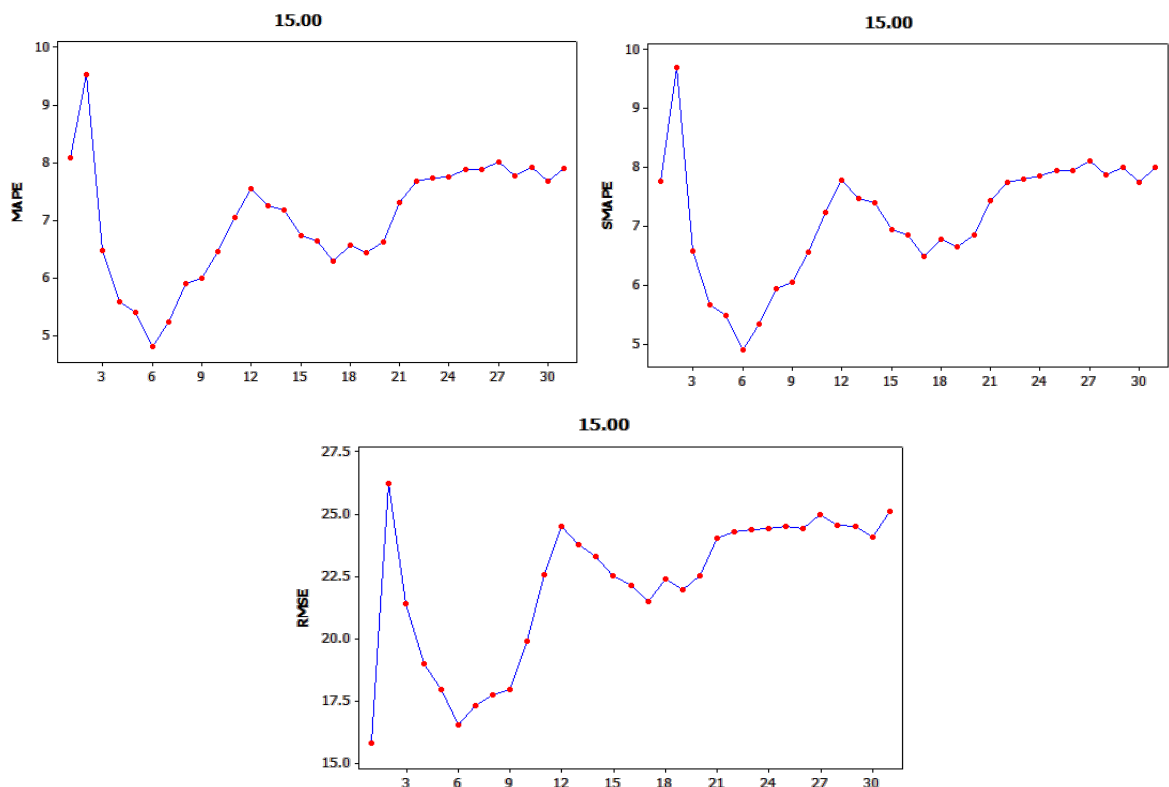
Berdasarkan Gambar 4.27 hasil ramalan di subsistem Paiton pukul 13.30 menunjukkan hasil yang tidak baik, dimana hasil ramalan di hari pertama hingga hari ke empat belas memiliki nilai *error* yang besar. Untuk subsistem Paiton pukul 18.30 menghasilkan nilai ramalan yang cukup baik di hari ke 7 hingga ke 14, dan Paiton pukul 22.30 menghasilkan ramalan yang cukup baik di hari ke 2 hingga ke 31. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat secara lengkap di Lampiran 34. Hasil dari Gambar 4.28 menunjukkan bahwa untuk subsistem Kediri pukul 13.30 hasil ramalan tidak cukup baik, karena hasil ramalan mempunyai *error* MAPE yang berkisar antara dua puluh persen, begitu juga untuk Kediri pukul 05.30 dan 18.30 menghasilkan nilai ramalan yang tidak cukup baik. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat secara lengkap di Lampiran 35.



Gambar 4.28. Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE Kediri pukul 13.30



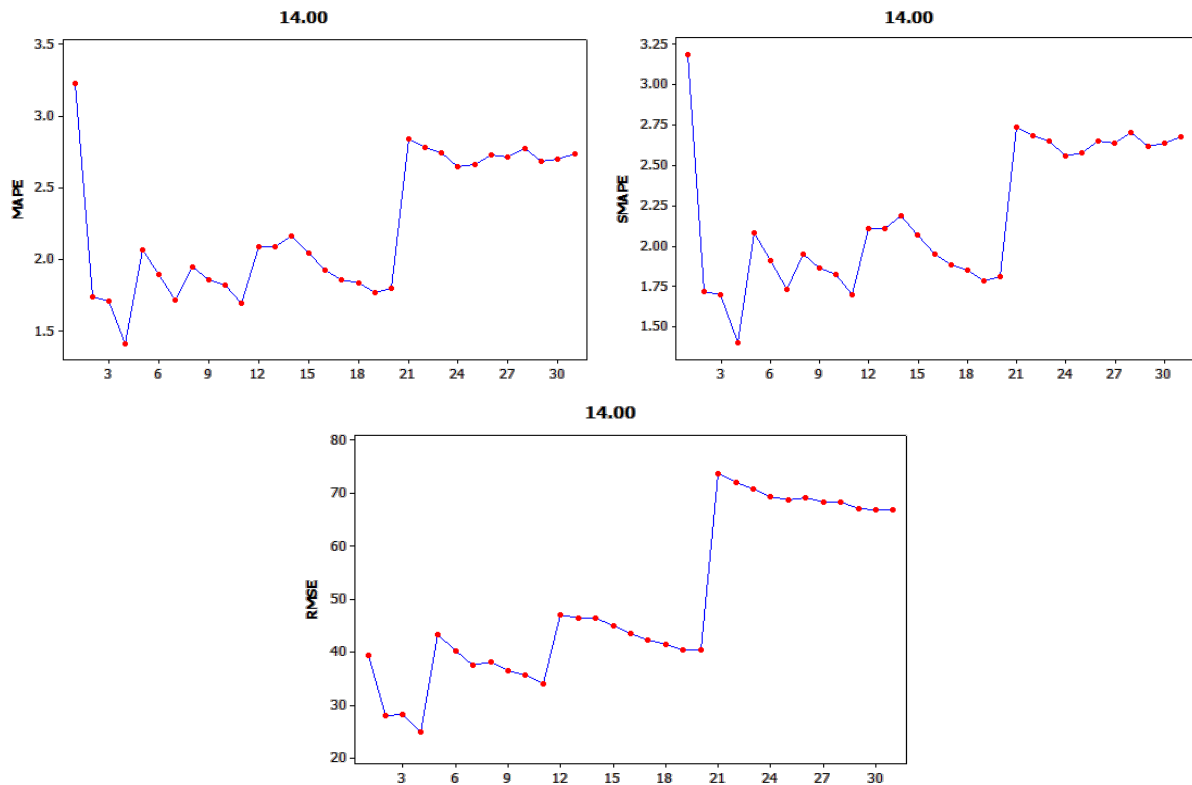
Gambar 4.28: Lanjutan



Gambar 4.29. Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE untuk mengukur keakuratan model di subsistem Krian pukul 15.00

Menurut grafik yang dihasilkan Gambar 4.29 dari *error* disetiap peramalan di subsistem Krian pukul 15.00, diketahui bahwa hasil ramalan dari model ARIMA tidak cukup baik, dimana *error* yang dihasilkan berkisar sepuluh persen. Namun untuk model Krian pukul 11.00 dan 22.30 hasil peramalan cukup baik dari hari ke 1 hingga ke 4 saja. Secara visual dapat dilihat di Lampiran 36.

Berdasarkan Gambar 4.30 untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00, dihasilkan model yang cukup baik, mulai dari hari ke 1 hingga hari ke 31. Namun untuk model Krian-Gresik pukul 15.00 dan 22.30 model yang dihasilkan tidak cukup baik. Secara visual dapat dilihat di Lampiran 37.



Gambar 4.30. Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE untuk mengukur keakuratan model di subsistem Krian-Gresik pukul 14.00

Hasil perhitungan model ARIMA dengan deteksi *outlier* untuk setiap subsistem dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16.

Tabel 4.15. Hasil Model ARIMA dengan deteksi *outlier* untuk setiap subsistem berdasarkan *in sample*

| Subistem | Pukul | Model ARIMA | MAPE | RMSE | SMAPE |
|--------------|-------|------------------------------|------|--------|-------|
| Krian | 11.00 | $([1,2,14,28],1,0)(1,1,0)^7$ | 8,60 | 32,1 | 8,8 |
| | 15.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 6,33 | 6,29 | 24,71 |
| | 23.00 | $(1,1,[2])(0,1,1)^7$ | 5,87 | 23,48 | 5,83 |
| Krian-Gresik | 14.00 | $(0,1,[1,6,12])(0,1,1)^7$ | 7,45 | 123,35 | 6,07 |
| | 15.00 | $([1,14],1,[2])(1,1,0)^7$ | 8,15 | 133,51 | 6,72 |
| | 22.30 | $(0,1,[1,3])(0,1,1)^7$ | 5,42 | 101,34 | 5,24 |
| Ngimbang | 13.30 | $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ | 4,33 | 20,32 | 4,31 |
| | 19.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 3,42 | 18,97 | 3,4 |
| | 22.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 6,54 | 24,47 | 4,94 |
| Paiton | 13.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 3,70 | 51,64 | 3,6 |
| | 18.30 | $(0,1,[1,2,3])(0,1,1)^7$ | 2,08 | 37,95 | 2,09 |
| | 22.30 | $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$ | 2,66 | 37 | 2,8 |
| Kediri | 13.30 | $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$ | 105 | 77,46 | 13,46 |
| | 18.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 22,2 | 59,96 | 10,4 |
| | 05.30 | $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ | 18 | 63,58 | 11,2 |

Tabel 4.16. Hasil Model ARIMA dengan deteksi *outlier* untuk setiap subsistem berdasarkan *out sample*

| Subsistem | Pukul | Model ARIMA | MAPE | RMSE | SMAPE |
|--------------|-------|------------------------------|-------|--------|-------|
| Krian | 11.00 | $([1,2,14,28],1,0)(1,1,0)^7$ | 11,46 | 37,63 | 12,27 |
| | 15.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 7,89 | 25,1 | 7,99 |
| | 23.00 | $(1,1,[2])(0,1,1)^7$ | 6,14 | 21,33 | 6,37 |
| Krian-Gresik | 14.00 | $(0,1,[1,6,12])(0,1,1)^7$ | 2,73 | 66,91 | 2,67 |
| | 15.00 | $([1,14],1,[2])(1,1,0)^7$ | 4,94 | 99,11 | 4,98 |
| | 22.30 | $(0,1,[1,3])(0,1,1)^7$ | 6,78 | 141,06 | 6,19 |
| Ngimbang | 13.30 | $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ | 13,95 | 63,59 | 15,11 |
| | 19.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 8,58 | 46,35 | 9,03 |
| | 22.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 27,3 | 120,28 | 31,7 |
| Paiton | 13.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 8,14 | 143,94 | 6,83 |
| | 18.30 | $(0,1,[1,2,3])(0,1,1)^7$ | 22,2 | 350,71 | 24,95 |
| | 22.30 | $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$ | 8,68 | 149,5 | 6,93 |
| Kediri | 13.30 | $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$ | 27,48 | 279,63 | 32,9 |
| | 18.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 18,4 | 222,93 | 20,8 |
| | 05.30 | $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ | 10,08 | 91,64 | 9,23 |

4.3 Peramalan Konsumsi Beban Listrik Setiap Subsistem di Jawa Timur

Menggunakan Metode Autoregressive Neural Network

Penjelasan tahapan model MLP secara lengkap dalam penelitian ini akan dilakukan pada subsistem Kediri pukul 13.30, Ngimbang pukul 13.30, Paiton pukul 13.30, Krian pukul 15.00, dan Krian-Gresik pukul 14.00. Langkah pertama dalam melakukan peramalan metode MLP adalah menentukan variabel *input*. Variabel *input* adalah merupakan variabel yang dipilih berdasarkan lag AR yang signifikan dari model ARIMA, untuk *input* MLP di setiap subsistem dapat dilihat di Tabel 4.17. Setelah menentukan variabel *input*, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah unit neuron di lapisan tersembunyi. Adapun data yang digunakan dalam metode ini sama dengan data *in sample* dan *out sample* yang digunakan dalam metode ARIMA. Pada peramalan konsumsi beban listrik dengan metode MLP dalam penelitian ini, akan dilakukan percobaan dengan menggunakan jumlah unit neuron di lapisan tersembunyi maksimal 10 neuron, dan satu lapisan tersembunyi, dengan satu lapisan *output* dan satu neuron *output* di lapisan *output*. Kemudian ditambahkan juga masing-masing satu neuron bias di lapisan tersembunyi dan lapisan *output* yang angka konstan 1. Mula-mula bobot pada setiap neuron *input* di random antara -1 sampai 1. Kemudian dilakukan proses *feedforward* sampai didapatkan nilai pada *output* neuron di lapisan *output*. Untuk setiap neuron digunakan fungsi aktivasi *bipolar sigmoid*. Setelah itu

dilakukan proses *backpropagation* yang berguna untuk memperbarui nilai bobot pada setiap neuron. Langkah tersebut dilakukan sampai semua *input* dieksekusi dan dihasilkan model peramalan yang paling maksimal.

Tabel 4.17. Variabel *input* untuk metode MLP di setiap subsistem

| Subsistem | Pukul | Variabel <i>Input</i> MLP Sesuai Lag AR |
|--------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Krian | 11.00 | $y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-3}, y_{t-7}, y_{t-8}, y_{t-9}, y_{t-10}, y_{t-14}, y_{t-21}, y_{t-22}, y_{t-28}, y_{t-29}, y_{t-35}, y_{t-36}, y_{t-42}, y_{t-43}$ |
| | 15.00 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| | 23.00 | $y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-8}, y_{t-9}$ |
| Krian-Gresik | 14.00 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| | 15.00 | $y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-7}, y_{t-8}, y_{t-9}, y_{t-14}, y_{t-15}, y_{t-16}, y_{t-21}, y_{t-22}, y_{t-28}, y_{t-29}$ |
| | 22.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| Ngimbang | 13.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| | 19.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| | 22.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| Paiton | 13.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| | 18.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| | 22.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| Kediri | 13.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| | 18.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |
| | 05.30 | $y_{t-1}, y_{t-7}, y_{t-8}$ |

Berdasarkan hasil percobaan di setiap model yang ada pada setiap subsistem dari metode MLP dengan menggunakan jumlah neuron di lapisan tersembunyi dari yang berjumlah 1 hingga 10, hasilnya sesuai dengan Lampiran 38 hingga Lampiran 47, menunjukkan bahwa, setiap neuron yang berbeda menghasilkan nilai MAPE, RMSE, dan SMAPE yang berbeda juga. Tabel 4.18 merupakan hasil dari percobaan MLP pada subsistem Krian-Gresik pukul 14.00.

Tabel 4.18. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 27,417 | 251,251 | 12,185 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 7,177 | 141,562 | 6,736 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 27,450 | 250,984 | 12,174 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 7,181 | 141,551 | 6,739 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 26,018 | 242,181 | 11,557 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 6,386 | 125,189 | 6,061 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 26,105 | 240,514 | 11,464 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 6,143 | 123,598 | 5,836 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 27,045 | 248,557 | 11,979 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 7,015 | 136,436 | 6,623 |

Tabel 4.18: Lanjutan

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 25,844 | 237,731 | 11,395 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 6,200 | 123,572 | 5,907 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 27,206 | 247,903 | 11,941 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 7,070 | 136,966 | 6,684 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 27,881 | 251,554 | 12,259 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 7,286 | 144,919 | 6,807 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 25,820 | 235,139 | 11,164 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 5,987 | 118,735 | 5,736 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 25,214 | 233,347 | 11,064 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 5,854 | 116,455 | 5,622 |

Dari Tabel 4.18 hasil percobaan pada subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 didapatkan model MLP yang paling optimal menurut data *out sample* terdapat di model NN(3,10,1) dengan *error* MAPE sebesar 5,854%, SMAPE sebesar 5,622%, dan RMSE sebesar 116,455%. Untuk hasil percobaan di subsistem Ngimbang pukul 13.30 terdapat di Tabel 4.19, didapatkan kesimpulan bahwa model MLP yang paling optimal adalah model NN(3,3,1) dengan *error* MAPE 4,35%, SMAPE 4,319%, dan RMSE sebesar 21,582%.

Tabel 4.19. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 13.30

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|-------|--------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 6,705 | 32,283 | 6,533 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 4,404 | 21,693 | 4,371 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 6,779 | 32,273 | 6,593 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 4,364 | 21,689 | 4,330 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 6,781 | 32,304 | 6,582 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 4,350 | 21,582 | 4,319 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 6,869 | 32,610 | 6,664 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 4,392 | 21,699 | 4,359 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 6,991 | 32,905 | 6,752 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 4,393 | 21,924 | 4,362 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 7,281 | 33,764 | 6,993 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 4,400 | 21,540 | 4,372 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 7,513 | 34,492 | 7,173 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 4,369 | 21,693 | 4,343 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 7,409 | 34,182 | 7,111 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 4,436 | 21,527 | 4,403 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 7,760 | 35,308 | 7,384 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 4,390 | 21,578 | 4,364 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 8,006 | 36,162 | 7,578 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 4,430 | 21,742 | 4,405 |

Kemudian untuk subsistem Krian pukul 15.00 dihasilkan percobaan sesuai dengan Tabel 4.20, bahwa model yang paling optimal didapatkan dengan arsitektur NN(3,6,1) dengan *error* MAPE 9,757%, SMAPE 9,965%, dan RMSE 43,913%.

Tabel 4.20. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian pukul 15.00

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 9,941 | 43,065 | 9,882 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 11,027 | 34,973 | 10,740 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 9,604 | 41,562 | 9,498 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 9,711 | 30,929 | 9,371 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 9,584 | 41,745 | 9,538 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 9,690 | 30,734 | 9,381 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 9,563 | 41,791 | 9,527 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 9,555 | 30,638 | 9,249 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 9,584 | 42,169 | 9,620 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 8,826 | 28,486 | 8,578 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 9,757 | 43,913 | 9,965 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 8,387 | 27,479 | 8,174 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 9,733 | 43,464 | 9,853 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 9,252 | 29,309 | 8,974 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 10,056 | 44,910 | 10,197 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 9,865 | 32,398 | 9,629 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 9,813 | 43,611 | 9,951 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 9,129 | 29,204 | 8,867 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 9,836 | 44,323 | 10,084 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 8,518 | 27,344 | 8,291 |

Hasil percobaan subsistem Kediri pukul 13.30 dapat dilihat di Tabel 4.21, dihasilkan model MLP yang paling optimal dengan *error* MAPE 12,366%, SMAPE 12,468%, dan RMSE sebesar 118,480%. Arsitektur model yang dihasilkan yaitu NN(3,2,1). Kemudian untuk subsistem Paiton pukul 13.30 dihasilkan model yang paling optimal dengan arsitektur NN(3,10,1) yang mempunyai *error* MAPE 10,069%, SMAPE 12,468%, dan RMSE sebesar 163,928%. Hasil dari percobaan subsistem Paiton pukul 13.30 disajikan dalam Tabel 4.22.

Tabel 4.21. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Kediri pukul 13.30

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 190,846 | 121,866 | 17,509 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 12,567 | 120,933 | 12,769 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 193,537 | 121,872 | 17,583 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 12,366 | 118,480 | 12,467 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 184,575 | 121,518 | 17,623 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 12,526 | 119,173 | 12,609 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 189,907 | 122,247 | 17,744 |

Tabel 4.21: Lanjutan

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|---------|---------|--------|
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 12,585 | 119,960 | 12,738 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 199,652 | 124,007 | 18,200 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 12,613 | 119,992 | 12,718 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 204,766 | 124,967 | 18,320 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 12,646 | 121,696 | 12,887 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 212,615 | 127,580 | 18,932 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 12,949 | 123,531 | 13,127 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 209,318 | 126,517 | 18,599 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 13,158 | 127,622 | 13,546 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 222,157 | 129,526 | 19,196 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 12,954 | 124,403 | 13,216 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 245,445 | 132,026 | 19,507 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 12,910 | 125,143 | 13,199 |

Tabel 4.22. Hasil percobaan MLP untuk subsistem Paiton pukul 13.30

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 28,748 | 180,660 | 11,640 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 10,607 | 169,242 | 9,786 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 28,860 | 181,347 | 11,679 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 10,592 | 168,964 | 9,766 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 26,068 | 163,178 | 9,989 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 10,339 | 165,051 | 9,404 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 26,722 | 167,630 | 10,425 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 10,445 | 170,427 | 9,503 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 27,809 | 174,238 | 11,112 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 10,743 | 174,531 | 9,892 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 27,190 | 170,556 | 10,597 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 10,305 | 166,034 | 9,329 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 27,952 | 175,016 | 11,016 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 10,356 | 171,187 | 9,438 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 30,553 | 192,663 | 12,515 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 10,404 | 164,535 | 9,548 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 26,721 | 167,418 | 10,313 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 10,105 | 166,705 | 9,132 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 26,609 | 166,660 | 10,229 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 10,069 | 163,928 | 9,094 |

Dengan analisis yang sama, maka hasil dari pemodelan MLP untuk subsistem lainnya dapat dilihat di Lampiran 38, diketahui bahwa berdasarkan nilai MAPE, RMSE dan SMAPE pada *out sample*, dihasilkan model-model yang paling optimal untuk setiap subsistem, sesuai dengan Tabel 4.23 dibawah ini.

Tabel 4.23. Daftar model terbaik berdasarkan *out sample* untuk setiap subsistem

| Subsistem | Waktu Yang Dimodelkan | Input Lag AR | Jumlah Neuron Hidden Layer | MAPE | RMSE | SMAPE |
|--------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|--------|---------|--------|
| Krian | 11.00 | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 9 | 7,268 | 25,586 | 7,150 |
| | 15.00 | 1, 7, 8 | 6 | 9,757 | 43,913 | 9,965 |
| | 23.00 | 1, 2, 8, 9 | 4 | 7,147 | 23,380 | 7,171 |
| Krian-Gresik | 14.00 | 1, 7, 8 | 10 | 5,855 | 116,456 | 5,623 |
| | 15.00 | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 9 | 4,956 | 93,464 | 4,879 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 4 | 7,147 | 23,380 | 7,171 |
| Ngimbang | 13.30 | 1, 7, 8 | 3 | 4,350 | 21,583 | 4,319 |
| | 19.30 | 1, 7, 8 | 8 | 3,430 | 19,330 | 3,405 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 8 | 2,996 | 15,612 | 2,978 |
| Paiton | 13.30 | 1, 7, 8 | 10 | 10,069 | 163,928 | 9,094 |
| | 18.30 | 1, 7, 8 | 10 | 7,756 | 166,656 | 6,838 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 6 | 7,603 | 145,576 | 6,191 |
| Kediri | 13.30 | 1, 7, 8 | 2 | 12,366 | 118,480 | 12,468 |
| | 18.30 | 1, 7, 8 | 3 | 8,072 | 99,150 | 8,252 |
| | 05.30 | 1, 7, 8 | 3 | 7,407 | 95,670 | 7,162 |

Dari Tabel 4.23 juga dapat diketahui bahwa model yang paling sesuai untuk konsumsi beban listrik di setiap subsistem. Sehingga dari model-model terbaik tersebut dapat dibangun arsitektur MLP sesuai dengan Tabel 4.24.

Tabel 4.24. Daftar model terbaik berdasarkan *out sample* untuk setiap subsistem

| Subsistem | Waktu yang dimodelkan | Arsitektur MLP |
|--------------|-----------------------|----------------|
| Krian | 11.00 | NN(16,9,1) |
| | 15.00 | NN(3,6,1) |
| | 23.00 | NN(4,4,1) |
| Krian-Gresik | 14.00 | NN(3,10,1) |
| | 15.00 | NN(12,9,10) |
| | 22.30 | NN(3,4,1) |
| Ngimbang | 13.30 | NN(3,3,1) |
| | 19.30 | NN(3,8,1) |
| | 22.30 | NN(3,8,1) |
| Paiton | 13.30 | NN(3,10,1) |
| | 18.30 | NN(3,10,1) |
| | 22.30 | NN(3,6,1) |
| Kediri | 13.30 | NN(3,2,1) |
| | 18.30 | NN(3,2,1) |
| | 05.30 | NN(3,3,1) |

Dalam arsitektur MLP terdapat juga nilai bobot dan bias untuk setiap modelnya. Nilai bias dan bobot untuk model Krian-Gresik pukul 14.00 seperti pada Tabel 4.25. Begitu juga dengan model-model lain disubsistem lainnya, tetap

dilakukan dengan prosedur yang sama, sehingga didapatkan nilai bobot dan bias untuk setiap subsistem, nilai-nilai tersebut dapat dilihat di bagian Lampiran 48.

Tabel 4.25. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem Krian-Gresik 14.00

| Model | Nilai Bobot | | |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Krian-Gresik 14.00 | β_{11} : 0,418 | β_{12} : 0,624 | β_{13} : 0,513 |
| | β_{21} : -0,527 | β_{22} : 0,089 | β_{23} : 0,717 |
| | β_{31} : 2,749 | β_{32} : -2,179 | β_{33} : 0,205 |
| | β_{41} : 0,971 | β_{42} : 0,184 | β_{43} : 2,036 |
| | β_{51} : 0,748 | β_{52} : 1,049 | β_{53} : 0,411 |
| | β_{61} : 0,668 | β_{62} : 0,804 | β_{63} : 1,037 |
| | β_{71} : 0,456 | β_{72} : 0,055 | β_{73} : 1,054 |
| | β_{81} : 0,237 | β_{82} : -1,165 | β_{83} : -0,478 |
| | β_{91} : -1,292 | β_{92} : 2,971 | β_{93} : -1,141 |
| | β_{101} : -1,811 | β_{102} : -1,702 | β_{103} : 0,376 |
| | B_1 : 0,152 | B_2 : 0,503 | B_3 : -0,870 |
| | B_4 : -1,535 | B_5 : 1,097 | B_6 : 0,860 |
| | B_7 : -0,563 | B_8 : 0,434 | B_9 : -1,345 |
| | B_{10} : -1,432 | | |
| | α_{11} : 1,038 | α_{12} : 1,179 | α_{13} : -0,411 |
| | α_{14} : -0,457 | α_{15} : 1,426 | α_{16} : 1,350 |
| | α_{17} : 0,456 | α_{18} : 0,990 | α_{19} : 0,526 |
| | α_{110} : 2,360 | α_{21} : 1,521 | |

Dengan pembobot dan bias pada Tabel 4.25, secara matematis maka persamaan dari model MLP diatas adalah.

$$\begin{aligned}\hat{Z}_t = & 1,521 + 1,038f^{(h_{1,t})} + 1,179f^{(h_{2,t})} - 0,411f^{(h_{3,t})} - 0,457f^{(h_{4,t})} \\ & + 1,426f^{(h_{5,t})} + 1,350f^{(h_{6,t})} + 0,456f^{(h_{7,t})} + 0,990f^{(h_{8,t})} + 0,526f^{(h_{9,t})} \\ & + 2,360f^{(h_{10,t})}\end{aligned}$$

Dengan,

$$\begin{aligned}f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; \\ f^{(h_{3,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1; f^{(h_{4,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1; \\ f^{(h_{5,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{5,t})}} - 1; f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{6,t})}} - 1; \\ f^{(h_{7,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{7,t})}} - 1; f^{(h_{8,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{8,t})}} - 1; \\ f^{(h_{9,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{9,t})}} - 1; f^{(h_{10,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{10,t})}} - 1; \\ h_{1,t} &= 0,152 + 0,418Y_{t-1} + 0,624Y_{t-7} + 0,513Y_{t-8} \\ h_{2,t} &= 0,503 - 0,527Y_{t-1} + 0,089Y_{t-7} + 0,717Y_{t-8} \\ h_{3,t} &= -0,870 + 2,749Y_{t-1} - 2,179Y_{t-7} + 0,205Y_{t-8} \\ h_{4,t} &= -1,535 + 0,971Y_{t-1} + 0,184Y_{t-7} + 2,036Y_{t-8} \\ h_{5,t} &= 1,097 + 0,748Y_{t-1} + 1,049Y_{t-7} + 0,411Y_{t-8} \\ h_{6,t} &= 0,860 + 0,668Y_{t-1} + 0,804Y_{t-7} + 1,037Y_{t-8} \\ h_{7,t} &= -0,563 + 0,456Y_{t-1} + 0,055Y_{t-7} + 1,054Y_{t-8} \\ h_{8,t} &= 0,434 + 0,237Y_{t-1} - 1,165Y_{t-7} - 0,478Y_{t-8} \\ h_{9,t} &= -1,345 - 1,292Y_{t-1} + 2,971Y_{t-7} - 1,141Y_{t-8}\end{aligned}$$

$$h_{10,t} = -1,432 - 1,811Y_{t-1} - 1,702Y_{t-7} + 0,376Y_{t-8}$$

Model di subsistem Krian pukul 15.00 dihasilkan nilai bobot dan bias sesuai dengan Tabel 4.26. Dimana terdapat 3 *input* neuron, 6 neuron di lapisan tersembunyi dan 1 neuron di lapisan *output*.

Tabel 4.26. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem Krian pukul 15.00

| Model | Nilai Bobot | | |
|----------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| Krian 15.00 | β_{11} : 0,484 | β_{12} : 0,286 | β_{13} : 1,512 |
| | β_{21} : -1,888 | β_{22} : 0,438 | β_{23} : 0,871 |
| | β_{31} : 1,959 | β_{32} : -0,990 | β_{33} : -0,881 |
| | β_{41} : -0,081 | β_{42} : 0,017 | β_{43} : 0,795 |
| | β_{51} : 0,621 | β_{52} : 0,981 | β_{53} : 0,063 |
| | β_{61} : 1,097 | β_{62} : -1,210 | β_{63} : 1,276 |
| | B_1 : 0,810 | B_2 : -1,047 | B_3 : 1,354 |
| | B_4 : 0,337 | B_5 : -0,519 | B_6 : -0,936 |
| | α_{11} : -0,940 | α_{12} : 1,291 | α_{13} : 1,635 |
| | α_{14} : 0,257 | α_{15} : 0,524 | α_{16} : -0,012 |
| | α_{21} : 0,635 | | |

Dengan pembobot dan bias pada Tabel 4.26, secara matematis maka persamaan dari model MLP diatas adalah.

$$\hat{Z}_t = 0,635 - 0,940f^{(h_{1,t})} + 1,291f^{(h_{2,t})} + 1,635f^{(h_{3,t})} + 0,257f^{(h_{4,t})} + 0,524f^{(h_{5,t})} + -0,012f^{(h_{6,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1;$$

$$f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1; f^{(h_{4,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1;$$

$$f^{(h_{5,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{5,t})}} - 1; f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{6,t})}} - 1;$$

$$h_{1,t} = 0,810 + 0,484Y_{t-1} + 0,286Y_{t-7} + 1,512Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = -1,047 - 1,888Y_{t-1} + 0,438Y_{t-7} + 0,871Y_{t-8}$$

$$h_{3,t} = 1,354 + 1,959Y_{t-1} - 0,990Y_{t-7} - 0,881Y_{t-8}$$

$$h_{4,t} = 0,337 - 0,081Y_{t-1} + 0,017Y_{t-7} + 0,795Y_{t-8}$$

$$h_{5,t} = -0,519 + 0,621Y_{t-1} + 0,981Y_{t-7} + 0,063Y_{t-8}$$

$$h_{6,t} = -0,012 + 1,097Y_{t-1} - 1,210Y_{t-7} + 1,276Y_{t-8}$$

Model disubsistem Kediri pukul 13. 30 terdapat 3 neuron di lapisan *input*, 1 neuron di lapisan tersembunyi, dan 1 neuron di lapisan *output*. Nilai bias dan bobot yang dihasilkan oleh model bisa dilihat di Tabel 4.27.

Tabel 4.27. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem Kediri pukul 13.30

| Model | Nilai Bobot | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Kediri 13.30 | β_{11} : 1,071 | β_{12} : 0,151 | β_{13} : 0,489 |
| | β_{21} : -1,485 | β_{22} : -0,604 | β_{23} : 0,394 |

Tabel 4.27: lanjutan

| Model | Nilai Bobot | | |
|-----------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Kediri 13.30 | B ₁ : 0,823 | B ₂ : -1,130 | |
| | α_{11} : 0,469 | α_{12} : 1,906 | α_{21} : 0,759 |

Dengan pembobot dan bias pada Tabel 4.27 secara matematis maka persamaan dari model MLP diatas adalah.

$$\hat{Z}_t = 0,759 + 0,469f^{(h_{1,t})} + 1,906f^{(h_{2,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1;$$

$$h_{1,t} = 0,823 + 1,071Y_{t-1} + 0,151Y_{t-7} + 0,489Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = -1,130 + -1,485Y_{t-1} - 0,604Y_{t-7} + 0,394Y_{t-8}$$

Selanjutnya adalah model di subsistem Ngimbang pukul 13.30, dimana terdapat 3 neuron *input* di lapisan input, 3 neuron di lapisan tersembunyi, dan 1 neuron *output*. Hasil bias dan bobot dari model tersebut, dapat dilihat di Tabel 4.28.

Tabel 4.28. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem
Ngimbang pukul 13.30

| Model | Nilai Bobot | | |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Ngimbang 13.30 | β_{11} : 0,450 | β_{12} : 0,388 | β_{13} : 0,284 |
| | β_{21} : -1,388 | β_{22} : -1,582 | β_{23} : 1,052 |
| | β_{31} : 0,645 | β_{32} : 0,061 | β_{33} : 0,368 |
| | B ₁₁ : 0,462 | B ₁₂ : -1,161 | B ₁₃ : 0,605 |
| | α_{11} : 0,749 | α_{12} : 2,339 | α_{13} : -0,168 |
| | α_{21} : 1,008 | | |

Dengan pembobot dan bias pada Tabel 4.28, secara matematis maka persamaan dari model MLP diatas adalah.

$$\hat{Z}_t = 1,008 + 0,749f^{(h_{1,t})} + 2,339f^{(h_{2,t})} - 0,168f^{(h_{3,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1;$$

$$h_{1,t} = 0,462 + 0,450Y_{t-1} + 0,388Y_{t-7} + 0,284Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = -1,161 - 1,388Y_{t-1} - 1,582Y_{t-7} + 1,052Y_{t-8}$$

$$h_{3,t} = 0,605 + 0,645Y_{t-1} + 0,061Y_{t-7} + 0,368Y_{t-8}$$

Dan untuk model di subsistem Paiton pukul 13.30, terdapat 3 neuron di lapisan *input*, 10 neuron di lapisan tersembunyi, dan 1 neuron *output*, nilai bias dan bobotnya dapat dilihat di Tabel 4.29. Untuk model disubsistem lain, dilakukan prosedur dan analisis yang sama dengan subsistem Krian-Gresik 14.00, Ngimbang pukul 13.30, Krian pukul 15.00, dan Kediri pukul 13.30 Hasil dari analisis disubsistem lain dapat dilihat di Lampiran 49.

Tabel 4.29. Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di subsistem Paiton pukul 13.30

| Model | Nilai Bobot | | |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Paiton 13.30 | β_{11} : 0,404 | β_{12} : 0,630 | β_{13} : 0,545 |
| | β_{21} : -0,608 | β_{22} : 0,153 | β_{23} : 1,905 |
| | β_{31} : 1,295 | β_{32} : -2,291 | β_{33} : 0,409 |
| | β_{41} : 0,259 | β_{42} : -0,184 | β_{43} : 0,663 |
| | β_{51} : 0,572 | β_{52} : 1,066 | β_{53} : 0,425 |
| | β_{61} : 0,376 | β_{62} : 0,640 | β_{63} : 1,101 |
| | β_{71} : 0,408 | β_{72} : -0,002 | β_{73} : 0,739 |
| | β_{81} : 0,065 | β_{82} : -0,923 | β_{83} : -0,298 |
| | β_{91} : -0,437 | β_{92} : 3,065 | β_{93} : 1,172 |
| | β_{101} : -1,590 | β_{102} : -0,867 | β_{103} : -0,007 |
| | B_1 : -0,004 | B_2 : 1,214 | B_3 : -1,681 |
| | B_4 : -0,345 | B_5 : 0,790 | B_6 : 0,730 |
| | B_7 : -0,281 | B_8 : -0,338 | B_9 : -1,305 |
| | B_{10} : -1,632 | | |
| | α_{11} : 0,954 | α_{12} : 0,323 | α_{13} : 1,130 |
| | α_{14} : 0,926 | α_{15} : 0,842 | α_{16} : 0,601 |
| | α_{17} : 0,969 | α_{18} : 1,121 | α_{19} : -2,199 |
| | α_{110} : 1,912 | α_{21} : 0,889 | |

Secara matematis, maka persamaanya adalah

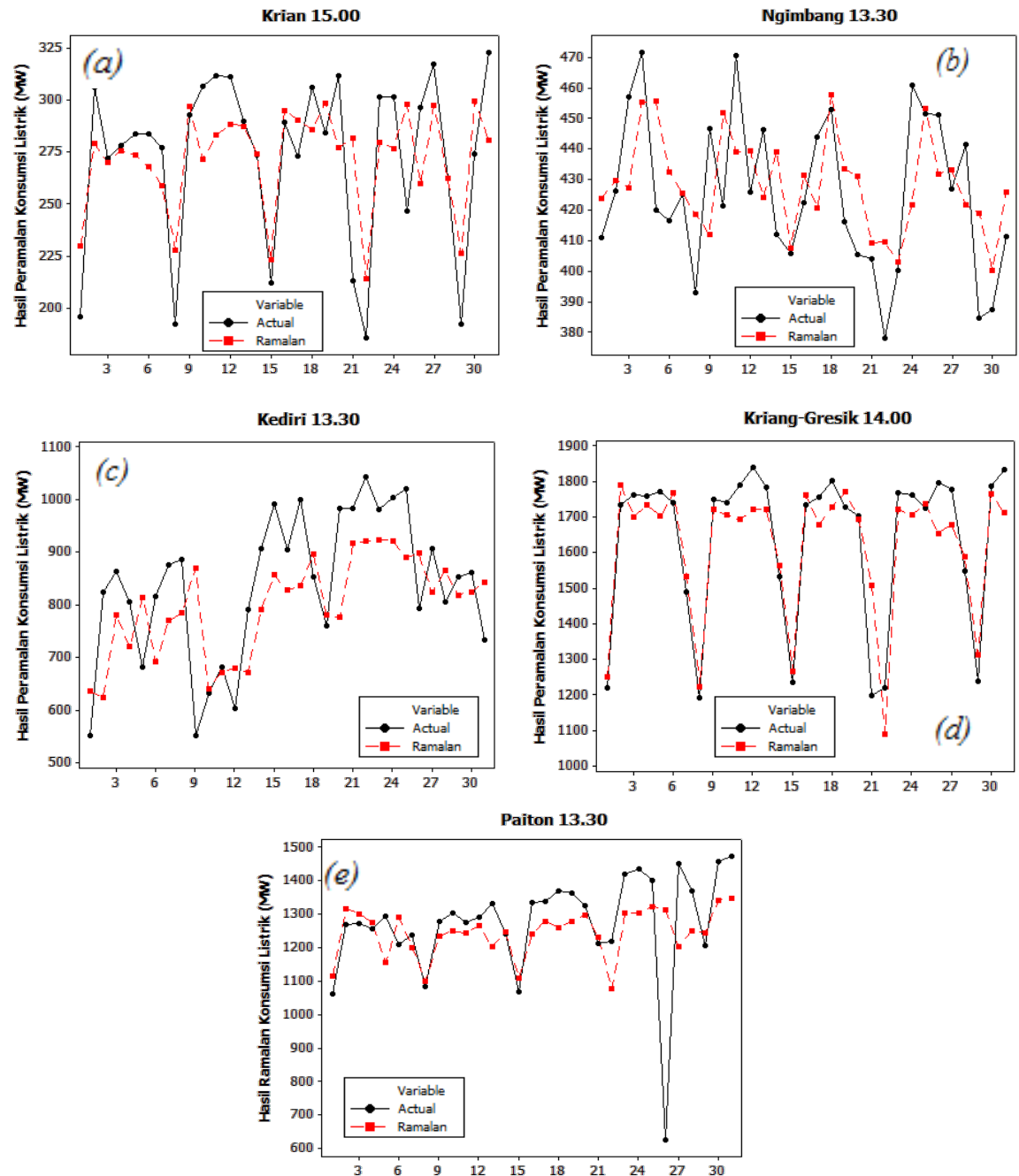
$$\begin{aligned}\hat{Z}_t = & 0,889 + 0,954f^{(h_{1,t})} + 0,323f^{(h_{2,t})} + 1,130f^{(h_{3,t})} + 0,926f^{(h_{4,t})} \\ & + 0,842f^{(h_{5,t})} + 0,601f^{(h_{6,t})} + 0,969f^{(h_{7,t})} + 1,121f^{(h_{8,t})} \\ & - 2,199f^{(h_{9,t})} + 1,912f^{(h_{10,t})}\end{aligned}$$

Dengan,

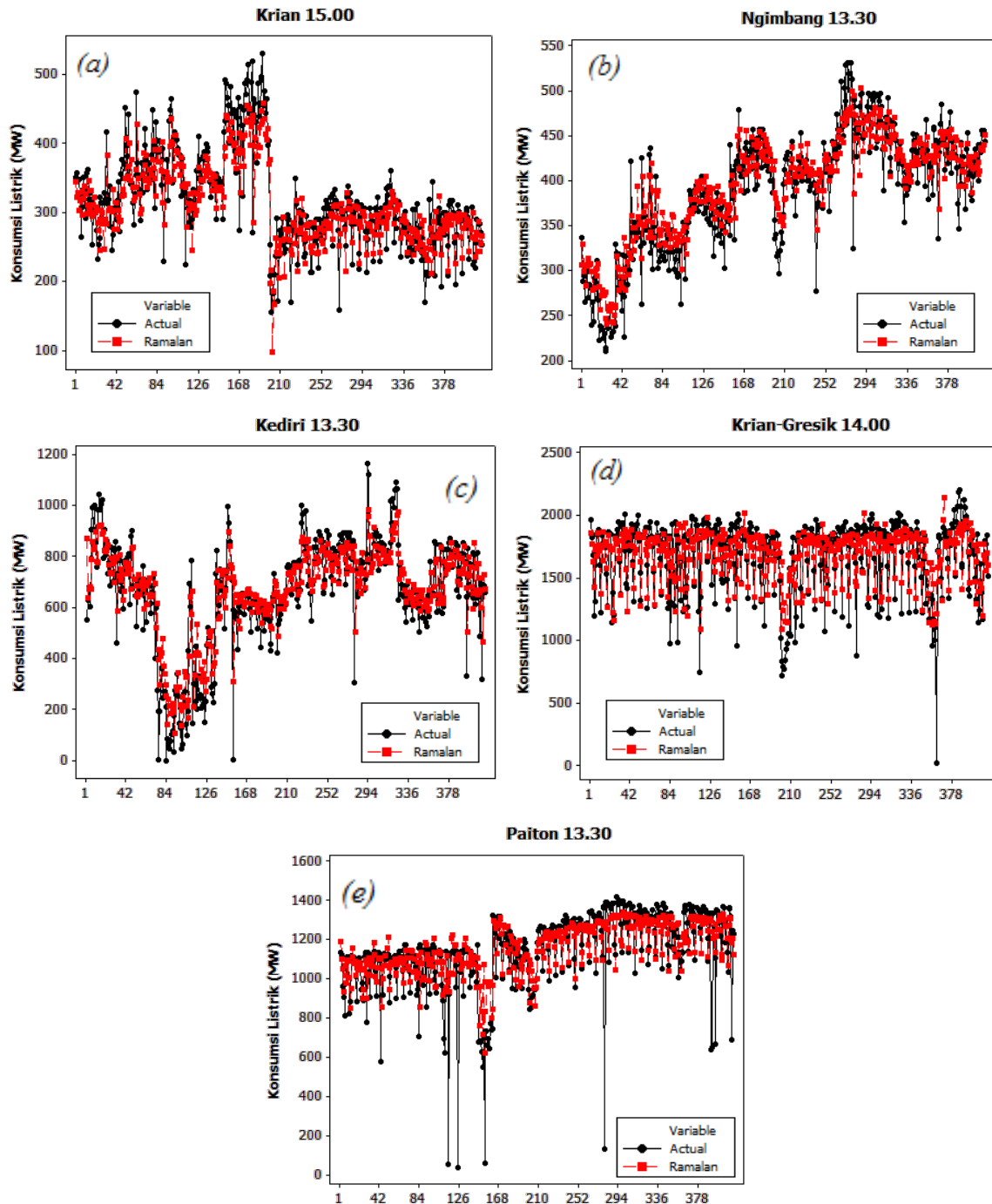
$$\begin{aligned}f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1; \\ f^{(h_{4,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1; f^{(h_{5,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{5,t})}} - 1; f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{6,t})}} - 1; \\ f^{(h_{7,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{7,t})}} - 1; f^{(h_{8,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{8,t})}} - 1; f^{(h_{9,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{9,t})}} - 1; \\ f^{(h_{10,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{10,t})}} - 1; \\ h_{1,t} &= -0,004 + 0,404Y_{t-1} + 0,630Y_{t-7} + 0,545Y_{t-8} \\ h_{2,t} &= 1,214 - 0,608Y_{t-1} + 0,153Y_{t-7} + 1,905Y_{t-8} \\ h_{3,t} &= 1,130 + 1,295Y_{t-1} - 2,291Y_{t-7} + 0,409Y_{t-8} \\ h_{4,t} &= 0,926 + 0,259Y_{t-1} - 0,184Y_{t-7} + 0,663Y_{t-8} \\ h_{5,t} &= 0,842 + 0,572Y_{t-1} + 1,066Y_{t-7} + 0,425Y_{t-8} \\ h_{6,t} &= 0,601 + 0,376Y_{t-1} + 0,640Y_{t-7} + 1,101Y_{t-8} \\ h_{7,t} &= 0,969 + 0,408Y_{t-1} - 0,002Y_{t-7} + 0,739Y_{t-8} \\ h_{8,t} &= 1,121 + 0,065Y_{t-1} - 0,923Y_{t-7} - 0,298Y_{t-8} \\ h_{9,t} &= -2,199 - 0,437Y_{t-1} + 3,065Y_{t-7} + 1,172Y_{t-8} \\ h_{10,t} &= 1,912 - 1,590Y_{t-1} - 0,867Y_{t-7} - 0,007Y_{t-8}\end{aligned}$$

Hasil ramalan dari model berdasarkan data *out sample* secara visual disajikan dalam *time series plot* pada Gambar 4.31, untuk hasil ramalan dari model berdasarkan data *in sample* secara visual disajikan dalam Gambar 4.32. Hasil dari

selisih antara data aktual dengan hasil ramalan untuk konsumsi listrik di subsistem Paiton 13.30, Kediri 13.30, Ngimbang 13.30, Krian 15.00, dan Krian-Gresik 14.00 tidak terlalu jauh. Dimana pola data aktual dengan data ramalan yang dihasilkan hampir sama. Begitu juga dengan model di subsistem lainnya berdasarkan Lampiran 62, hasil selisihnya juga tidak terlalu besar.

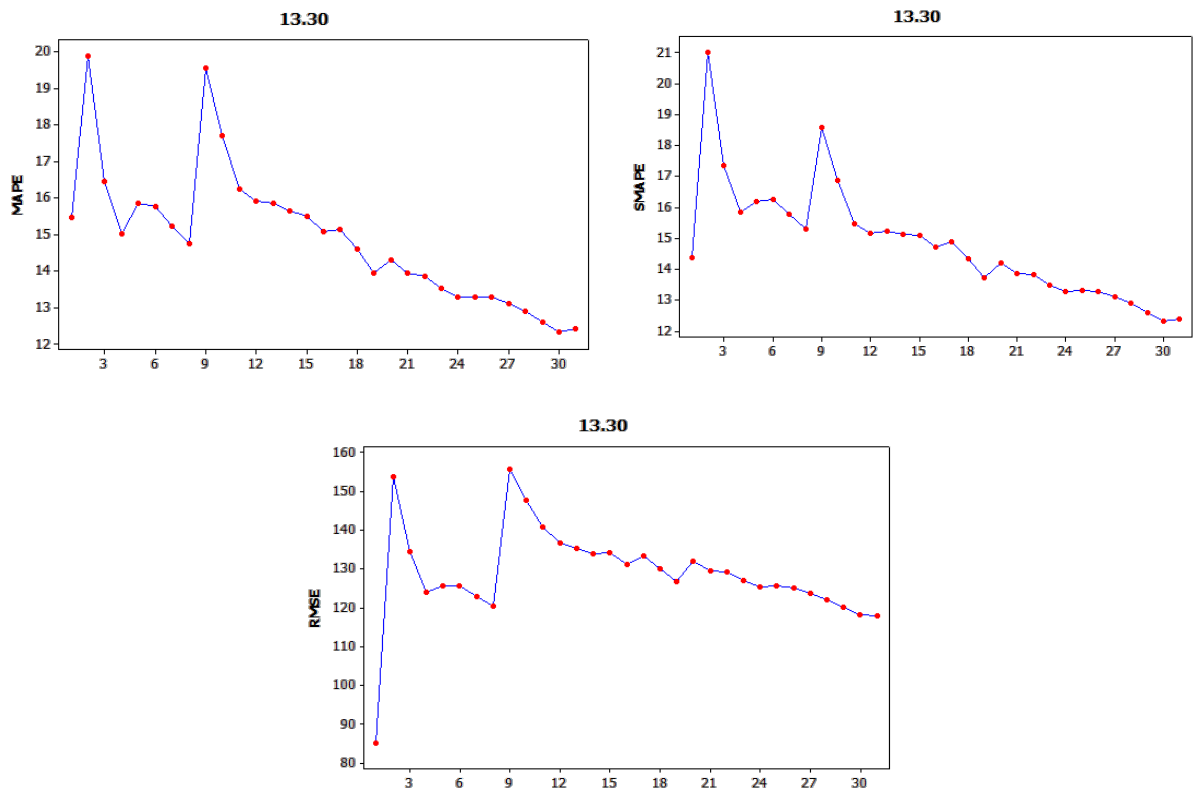


Gambar 4.31. Hasil perbandingan ramalan berdasarkan data *out sample* untuk metode MLP pada model Krian pukul 15.00 (a), Ngimbang pukul 13.30 (b), Kediri pukul 13.30 (c), Krian-Gresik pukul 14.00 (d), dan Paiton pukul 13.30 (e)

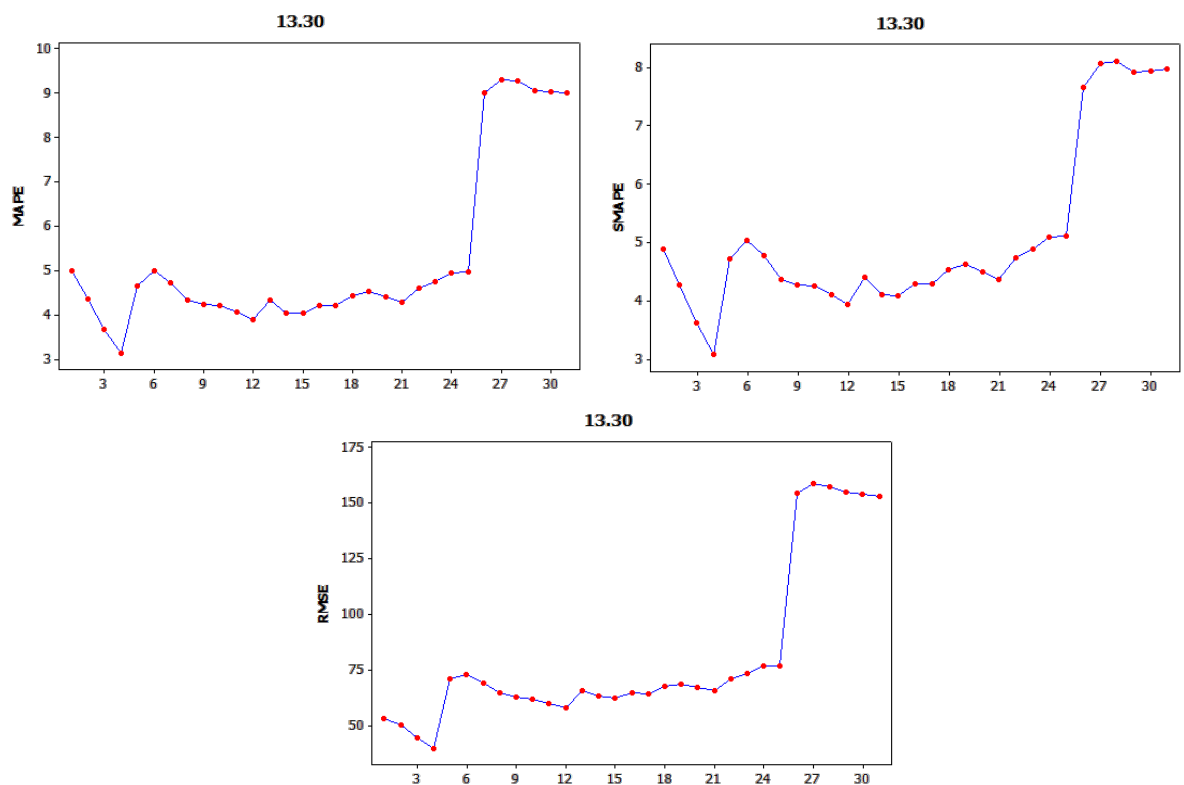


Gambar 4.32. Hasil perbandingan ramalan berdasarkan data *in sample* untuk metode MLP pada model Krian pukul 15.00 (a), Ngimbang pukul 13.30 (b), Kediri pukul 13.30 (c), Krian-Gresik pukul 14.00 (d), dan Paiton pukul 13.30 (e)

Berdasarkan Gambar 4.33 yang merupakan grafik dari perhitungan MAPE, SMAPE, dan RMSE untuk subsistem Kediri pukul 13.30, menunjukkan hasil kurang baik, karena *error* dari MAPE dan SMAPE lebih dari 5%, yaitu sekitar 14 %. Sedangkan untuk subsistem Paiton pukul 13.30 bisa dilihat di Gambar 4.34. hasil perhitungan *error* menunjukkan bahwa, hasil ramalan cukup baik dari hari ke 1 hingga hari ke 21.

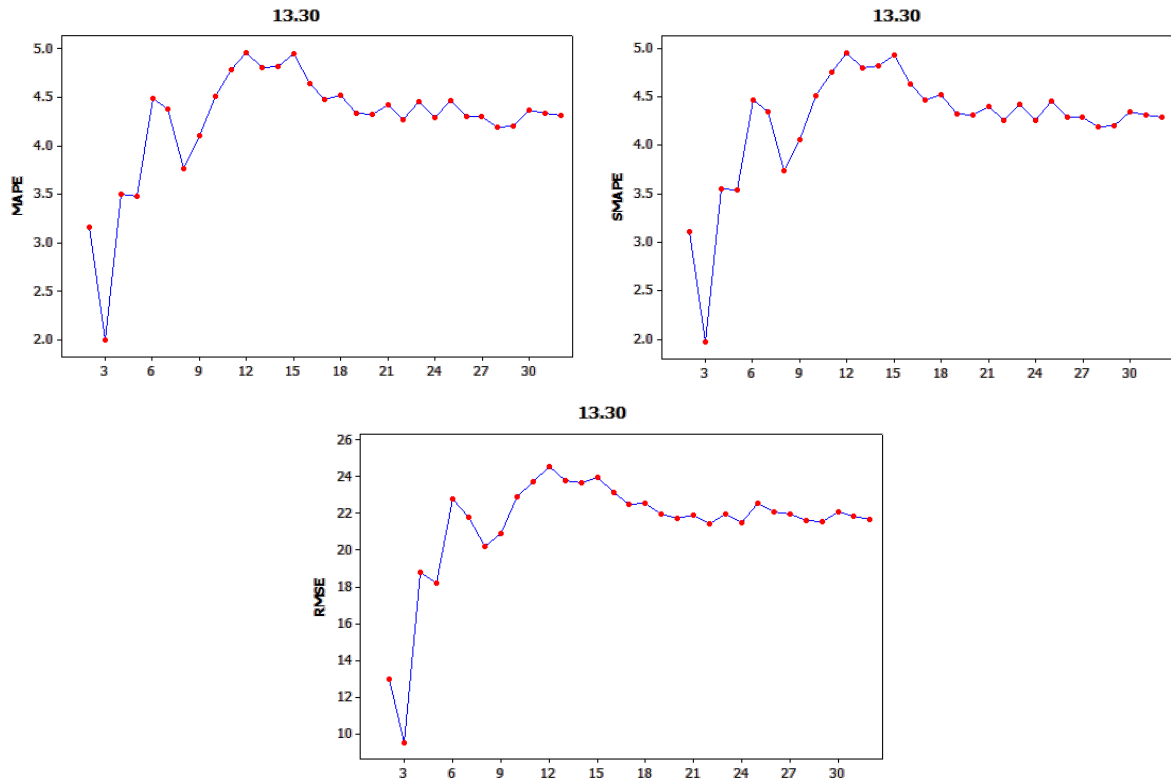


Gambar 4.33. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsystem Kediri pukul 13.30

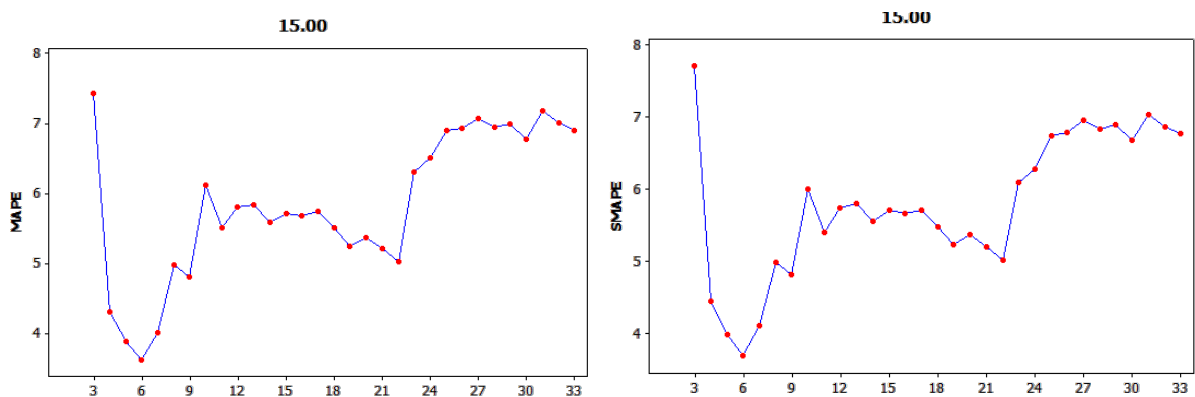


Gambar 4.34. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsystem Paiton pukul 13.30.

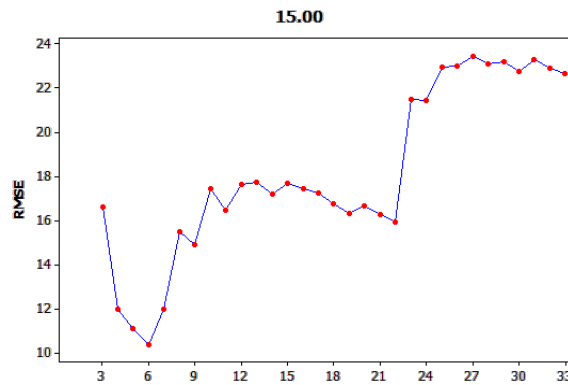
Selanjutnya adalah subsistem Ngimbang pukul 13.30, dimana hasil ramalan pada Gambar 4.35 menunjukkan hasil yang cukup baik, dimana dari tanggal 1 hingga tanggal 31 *error* MAPE dan SMAPE kurang dari 5%. Kemudian untuk subsistem Krian pukul 15.00 bisa dilihat di Gambar 4.36, menunjukkan hasil yang bagus hasilnya untuk hari ke 2 hingga hari ke 9.



Gambar 4.35. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 13.30



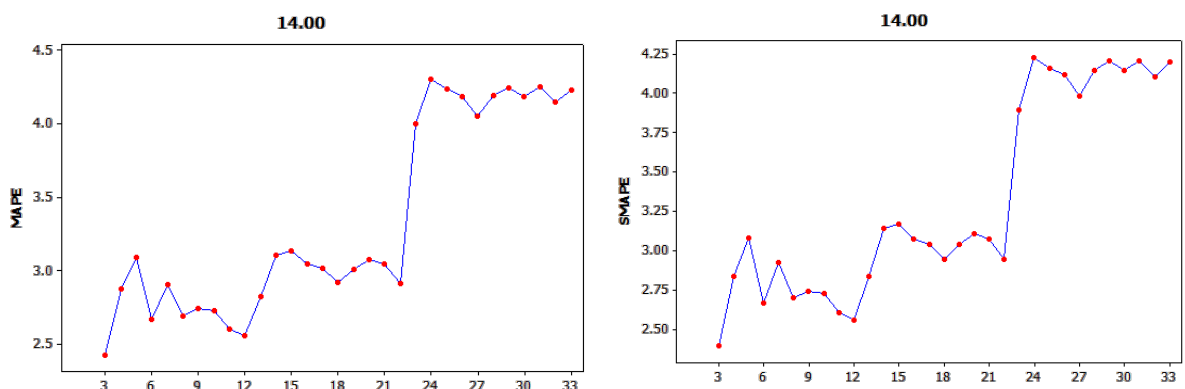
Gambar 4.36. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsistem Krian pukul 15.00



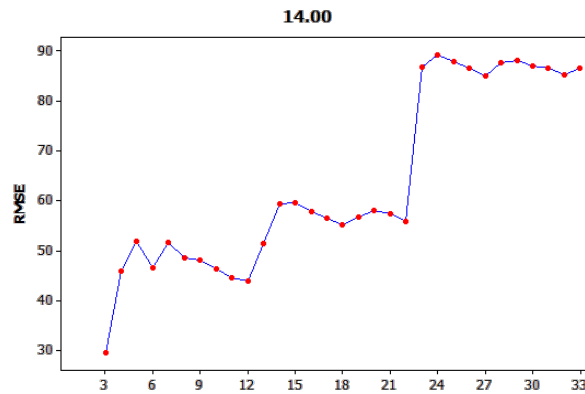
Gambar 4.36: Lanjutan

Selanjutnya adalah subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 biasa dilihat secara visual pada Gambar 4.37, dimana hasil ramalannya menunjukkan hasil cukup baik dari hari ke 1 hingga hari ke 31. Untuk subsistem lainnya bisa dilihat di Lampiran 63. Dari hasil Lampiran 63 tersebut dapat disimpulkan bahwa model yang dihasilkan dari subsistem Krian-Gresik pukul 15.00 dan 22.30, Kediri pukul 18.30 dan 05.30, Krian 11.00 dan 23.00, dan Paiton pukul 22.30 hasil ramalan tidak terlalu bagus, karena *error* yang dihasilkan lebih dari 5%.

Sedangkan untuk subsistem Ngimbang pukul 19.30 menunjukkan hasil ramalan yang bagus dari hari ke 4 hingga ke 31, begitu juga dengan Ngimbang pukul 22.30 hasil ramalan bagus dari hari ke 1 hingga hari ke 31. Untuk subsistem Paiton pukul 18.30 menunjukkan hasil yang bagus dari hari ke 1 hingga hari ke 24. Untuk



Gambar 4.37. Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE dengan metode MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00



Gambar 4.36: Lanjutan

4.4 Peramalan Konsumsi Beban Listrik Setiap Subsistem di Jawa Timur Menggunakan Metode Hibrida ARIMA dan MLP

Residual yang dihasilkan dari proses peramalan ARIMA, maka nilai tersebut yang nantinya akan digunakan sebagai nilai *input* dari proses peramalan MLP. Kemudian hasil dari peramalan MLP dan ARIMA tersebut digabungkan menjadi satu. Sehingga hasil akhir dari peramalan merupakan gabungan hasil peramalan dari proses ARIMA dan peramalan dari proses MLP. Untuk prosedur peramalan MLP, sesuai dengan prosedur yang dilakukan pada Subbab (4.3). Pada peramalan konsumsi beban listrik dengan metode MLP dalam penelitian ini. akan dilakukan percobaan dengan menggunakan jumlah unit neuron di lapisan tersembunyi maksimal 10 neuron, dan satu lapisan tersembunyi, dengan satu lapisan *output* dan satu neuron *output* di lapisan *output*. Kemudian ditambahkan juga masing-masing satu neuron bias di lapisan tersembunyi dan lapisan *output* yang angka konstan 1. Mula-mula bobot pada setiap neuron *input* di random antara 0 sampai 1. Kemudian dilakukan proses *feedforward* sampai didapatkan nilai pada *output* neuron di lapisan *output*. Untuk setiap neuron digunakan fungsi aktivasi *bipolar sigmoid*. Setelah itu dilakukan proses *backpropagation* yang berguna untuk memperbarui nilai bobot pada setiap neuron. Langkah tersebut dilakukan sampai semua *input* dieksekusi dan dihasilkan model peramalan yang paling maksimal. Berdasarkan hasil percobaan di setiap model yang ada pada setiap subsistem dari metode hibrida ARIMA dan MLP dengan menggunakan jumlah neuron di lapisan tersembunyi dari yang berjumlah 1 hingga 10, hasilnya sesuai dengan Lampiran 51 hingga Lampiran 60 menunjukkan bahwa, setiap neuron yang berbeda menghasilkan nilai MAPE. RMSE. dan SMAPE yang berbeda juga. Tabel 4.30 merupakan hasil percobaan hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00.

Tabel 4.30. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00

| | <i>Input</i> Berdasarkan Las AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------|---------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 7,615 | 120,671 | 5,977 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 2,762 | 67,083 | 2,702 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 7,492 | 120,643 | 5,978 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 2,781 | 67,303 | 2,724 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 7,355 | 120,537 | 5,978 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 2,806 | 67,500 | 2,751 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 7,244 | 120,479 | 5,976 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 2,796 | 67,394 | 2,740 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 7,234 | 120,598 | 5,987 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 2,833 | 67,785 | 2,781 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 6,992 | 119,975 | 5,949 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 2,891 | 68,390 | 2,844 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 7,503 | 120,605 | 5,987 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 2,827 | 67,706 | 2,773 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 7,526 | 120,187 | 5,972 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 2,871 | 68,183 | 2,822 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 7,089 | 120,087 | 5,951 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 2,875 | 68,255 | 2,826 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 6,747 | 119,698 | 5,959 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 2,952 | 68,969 | 2,909 |

Dari Tabel 4.30 hasil percobaan pada subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 didapatkan model hibrida ARIMA & MLP yang paling optimal berdasarkan data *out sample* terdapat di model NN(3,1,1) dengan *error* MAPE sebesar 2,762% , SMAPE sebesar 2,702%, dan RMSE sebesar 67,083%. Hasil percobaan di subsistem Ngimbang pukul 13.30 model terbaiknya berarsitektur NN(3,8,1) dengan *error* MAPE sebesar 13,147%, SMAPE sebesar 14,190%, dan RMSE sebesar 60,394%. Hasil percobaan di subsistem Ngimbang pukul 13.30 dapat dilihat di Tabel 4.31.

Tabel 4.31. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 13.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 4,167 | 19,720 | 4,155 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 13,831 | 63,081 | 14,975 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 4,179 | 19,744 | 4,161 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 13,774 | 62,858 | 14,910 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 4,179 | 19,723 | 4,157 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 13,674 | 62,452 | 14,793 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 4,170 | 19,697 | 4,150 |

Tabel 4.31: Lanjutan

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 13,536 | 61,938 | 14,636 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 4,191 | 19,763 | 4,163 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 13,463 | 61,620 | 14,551 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 4,193 | 19,753 | 4,159 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 13,287 | 60,962 | 14,351 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 4,213 | 19,819 | 4,176 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 13,253 | 60,805 | 14,311 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 4,228 | 19,898 | 4,188 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 13,147 | 60,394 | 14,190 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 4,218 | 19,836 | 4,174 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 13,188 | 60,573 | 14,238 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 4,239 | 19,941 | 4,190 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 13,185 | 60,516 | 14,232 |

Hasil percobaan yang sudah dilakukan di subsistem Krian pukul 15.00 menunjukkan bahwa NN(3,6,1) menghasilkan hasil yang paling optimal dengan nilai *error* MAPE sebesar 7,914%, SMAPE sebesar 7,997%, dan RMSE sebesar 24,692%. Hasil percobaan dapat dilihat di Tabel 4.32. Sedangkan untuk subsistem Kediri pukul 13.30 hasil maksimal diperoleh dari NN(3,4,1) dengan *error* MAPE 27,350%, SMAPE sebesar 32,780%, dan RMSE sebesar 278,603%. Hasil percobaan untuk subsistem Kediri pukul 13.30 dapat dilihat di Tabel 4.33.

Tabel 4.32. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian pukul 15.00

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------|--------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 6,267 | 24,401 | 6,241 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 7,993 | 25,316 | 8,102 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 6,256 | 24,393 | 6,234 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 8,014 | 25,437 | 8,131 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 6,247 | 24,384 | 6,222 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 7,977 | 25,247 | 8,082 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 6,233 | 24,346 | 6,209 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 7,931 | 25,045 | 8,020 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 6,250 | 24,396 | 6,227 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 7,960 | 25,227 | 8,065 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 6,230 | 24,342 | 6,202 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 7,914 | 24,962 | 7,997 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 6,247 | 24,385 | 6,219 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 7,924 | 25,037 | 8,015 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 6,250 | 24,373 | 6,219 |

Tabel 4.32: Lanjutan

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------|--------|-------|
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 7,918 | 24,968 | 8,001 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 6,242 | 24,376 | 6,211 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 7,934 | 25,066 | 8,026 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 6,239 | 24,386 | 6,221 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 7,999 | 25,384 | 8,114 |

Tabel 4.33. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Kediri pukul 13.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 109,332 | 77,443 | 13,487 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 27,388 | 278,824 | 32,828 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 109,181 | 77,502 | 13,506 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 27,394 | 278,855 | 32,836 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 109,303 | 77,387 | 13,476 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 27,411 | 279,089 | 32,864 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 109,998 | 77,386 | 13,456 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 27,350 | 278,603 | 32,780 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 109,543 | 77,410 | 13,497 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 27,554 | 280,353 | 33,067 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 108,602 | 77,251 | 13,450 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 27,606 | 280,873 | 33,144 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 109,788 | 77,265 | 13,497 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 27,673 | 281,367 | 33,235 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 110,216 | 77,382 | 13,497 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 27,652 | 281,272 | 33,209 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 110,166 | 77,276 | 13,455 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 27,712 | 281,772 | 33,293 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 109,121 | 77,437 | 13,539 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 27,934 | 283,708 | 33,608 |

Sedangkan untuk subsistem Paiton pukul 13.30 dihasilkan model terbaik dengan struktur NN(3,9,1) dengan *error* MAPE 8,058%, SMAPE 6,765%, dan RMSE sebesar 143,247%. Hasil dari percobaan tersebut dapat dilihat di Tabel 4.34.

Tabel 4.34. Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Paiton pukul 13.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|-------|---------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 3,720 | 51,248 | 3,743 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 8,126 | 143,726 | 6,815 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 3,713 | 51,270 | 3,733 |

Tabel 4.34: Lanjutan

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------|---------|-------|
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 8,106 | 143,613 | 6,799 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 3,698 | 51,052 | 3,703 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 8,101 | 143,555 | 6,797 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 3,718 | 51,085 | 3,747 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 8,113 | 143,598 | 6,803 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 3,732 | 51,280 | 3,766 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 8,094 | 143,526 | 6,790 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 3,675 | 50,732 | 3,675 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 8,086 | 143,427 | 6,784 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 3,736 | 51,175 | 3,782 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 8,096 | 143,507 | 6,791 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 3,741 | 51,197 | 3,792 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 8,093 | 143,488 | 6,789 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 3,571 | 49,838 | 3,564 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 8,058 | 143,247 | 6,765 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 3,641 | 50,385 | 3,622 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 8,067 | 143,311 | 6,775 |

Dari hasil percobaan yang sudah dilakukan terhadap model-model lain, didapatkan hasil model maksimal berdasarkan *out sample* dari setiap subsistem, hasil tersebut dapat dilihat di Tabel 4.35. Sehingga dari model-model terbaik tersebut dapat dibangun arsitektur hibrida ARIMA & MLP sesuai dengan Tabel 4.35.

Tabel 4.35. Hasil model terbaik untuk metode hibrida ARIMA dan MLP disetiap subsistem.

| Subsistem | Pukul | <i>Input Berdasarkan Las AR</i> | <i>Jumlah Neuron Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|--------------|-------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------|---------|--------|
| Krian | 11.00 | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 4 | 11,582 | 37,992 | 12,410 |
| | 15.00 | 1, 7, 8 | 6 | 7,914 | 24,962 | 7,997 |
| | 23.00 | 1, 2, 8, 9 | 9 | 6,360 | 21,793 | 6,604 |
| Krian-Gresik | 14.00 | 1, 7, 8 | 1 | 2,762 | 67,082 | 2,702 |
| | 15.00 | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 9 | 4,955 | 93,464 | 4,879 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 9 | 6,748 | 139,512 | 6,198 |
| Ngimbang | 13.30 | 1, 7, 8 | 8 | 13,147 | 60,394 | 14,190 |
| | 19.30 | 1, 7, 8 | 10 | 8,536 | 46,179 | 8,991 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 10 | 27,200 | 119,900 | 31,570 |
| Paiton | 13.30 | 1, 7, 8 | 9 | 8,058 | 143,247 | 6,765 |
| | 18.30 | 1, 7, 8 | 1 | 23,056 | 354,113 | 25,241 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 5 | 8,607 | 148,724 | 6,872 |
| Kediri | 13.30 | 1, 7, 8 | 4 | 27,350 | 278,603 | 32,780 |
| | 18.30 | 1, 7, 8 | 10 | 18,152 | 219,744 | 20,502 |
| | 05.30 | 1, 7, 8 | 10 | 9,909 | 90,604 | 9,095 |

Tabel 4.36. Arsitektur model hibrida ARIMA dan MLP

| Subsistem | Waktu yang dimodelkan | Arsitektur Hibrida ARIMA & MLP |
|--------------|-----------------------|--------------------------------|
| Krian | 11.00 | NN(16,4,1) |
| | 15.00 | NN(3,6,1) |
| | 23.00 | NN(4,9,1) |
| Krian-Gresik | 14.00 | NN(3,1,1) |
| | 15.00 | NN(12,9,10) |
| | 22.30 | NN(3,9,1) |
| Ngimbang | 13.30 | NN(3,8,1) |
| | 19.30 | NN(3,10,1) |
| | 22.30 | NN(3,10,1) |
| Paiton | 13.30 | NN(3,9,1) |
| | 18.30 | NN(3,1,1) |
| | 22.30 | NN(3,5,1) |
| Kediri | 13.30 | NN(3,4,1) |
| | 18.30 | NN(3,10,1) |
| | 05.30 | NN(3,10,1) |

Berdasarkan Tabel 4.35, diketahui bahwa arsitektur dari model Krian-Gresik pukul 14.00 mempunyai tiga neuron di lapisan *input*, 1 neuron di lapisan tersembunyi, dan 1 neuron di lapisan *output*. Kemudian nilai bobot dan bias pada metode hibrida ARIMA & MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 yang dihasilkan, dapat dilihat secara visual di Tabel 4.37.

Tabel 4.37. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Krian-Gresik pukul 14.00

| Model | Nilai Bobot | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Krian-Gresik 14.00 | β_{11} : -0,853 | β_{12} : 1,361 | β_{13} : 2,247 |
| | B_1 : -0,730 | | |
| | α_{11} : 0,879 | α_{21} : 1,242 | |

Secara matematis persamaan model untuk subsistem Krian-Gresik 14.00, dapat ditulis sebagai berikut.

$$\hat{Z}_t = 1,242 + 0,879f^{(h_{1,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1;$$

$$h_{1,t} = -0,730 - 0,853Y_{t-1} + 1,361Y_{t-7} + 2,247Y_{t-8}$$

Model disubsistem Krian pukul 15.00 dihasilkan nilai bobot dan bias sesuai dengan Tabel 4.38. Terdapat 3 *input* neuron dan 6 neuron di lapisan tersembunyi, dengan 1 neuron di lapisan *output*.

Tabel 4.38. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Krian pukul 15.00

| Model | Nilai Bobot | | |
|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Krian 15.00 | β_{11} : 0,251 | β_{12} : 1,370 | β_{13} : -0,571 |
| | β_{21} : -0,819 | β_{22} : -0,417 | β_{23} : 0,912 |
| | β_{31} : 0,576 | β_{32} : -0,181 | β_{33} : -0,729 |
| | β_{41} : -0,356 | β_{42} : -0,822 | β_{43} : 1,180 |
| | β_{51} : 0,574 | β_{52} : 0,739 | β_{53} : 0,075 |
| | β_{61} : 0,670 | β_{62} : 0,448 | β_{63} : 1,098 |
| | B_1 : 0,341 | B_2 : 0,112 | B_3 : 0,283 |
| | B_4 : 0,426 | B_5 : 0,311 | B_6 : -0,937 |
| | α_{11} : -0,283 | α_{12} : 0,146 | α_{13} : 0,583 |
| | α_{14} : 0,291 | α_{15} : 0,529 | α_{16} : 0,866 |
| | α_{21} : 0,868 | | |

Berdasarkan nilai bobot dan bias pada Tabel 4.38, secara sistematis maka persamaan dari model tersebut yaitu

$$\hat{Z}_t = 0,868 - 0,283f^{(h_{1,t})} + 0,146f^{(h_{2,t})} + 0,583f^{(h_{3,t})} + 0,291f^{(h_{4,t})} + 0,529f^{(h_{5,t})} + 0,866f^{(h_{6,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots;$$

$$f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{6,t})}} - 1$$

$$h_{1,t} = 0,341 + 0,251Y_{t-1} + 1,370Y_{t-7} - 0,571Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = 0,112 - 0,819Y_{t-1} - 0,417Y_{t-7} + 0,912Y_{t-8}$$

$$h_{3,t} = 0,283 + 0,576Y_{t-1} - 0,181Y_{t-7} - 0,729Y_{t-8}$$

$$h_{4,t} = 0,426 - 0,356Y_{t-1} - 0,822Y_{t-7} + 1,180Y_{t-8}$$

$$h_{5,t} = 0,311 + 0,574Y_{t-1} + 0,739Y_{t-7} + 0,075Y_{t-8}$$

$$h_{6,t} = -0,937 + 0,670Y_{t-1} + 0,448Y_{t-7} + 1,098Y_{t-8}$$

Selanjutnya adalah model disubsistem Ngimbang pukul 13.30, terdapat 3 neuron di *input layer*, 8 neuron di *hidden layer*, dan 1 neuron di lapisan *output layer*. Hasil dari bobot dan bias dari model tersebut dapat dilihat di Tabel 4.39.

Tabel 4.39. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Ngimbang pukul 13.30

| Model | Nilai Bobot | | |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ngimbang 13.30 | β_{11} : 0,294 | β_{12} : 0,245 | β_{13} : 0,241 |
| | β_{21} : -0,133 | β_{22} : 1,198 | β_{23} : 0,637 |
| | β_{31} : 3,080 | β_{32} : -0,892 | β_{33} : -0,131 |
| | β_{41} : 1,370 | β_{42} : -0,824 | β_{43} : 0,926 |
| | β_{51} : 2,582 | β_{52} : 1,155 | β_{53} : 0,494 |
| | β_{61} : 0,614 | β_{62} : 0,480 | β_{63} : 0,834 |
| | β_{71} : 0,214 | β_{72} : -0,266 | β_{73} : 0,413 |
| | β_{81} : 2,123 | β_{82} : 1,123 | β_{83} : -1,327 |
| | B_1 : -0,273 | B_2 : 1,099 | B_3 : -1,068 |
| | B_4 : 0,587 | B_5 : -1,321 | B_6 : -0,069 |
| | B_7 : -0,106 | B_8 : 0,323 | |

Tabel 4.39: Lanjutan

| Model | Nilai Bobot | | |
|-------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Ngimbang 13.30 | α_{11} : 0,223 | α_{12} : 0,919 | α_{13} : 0,965 |
| | α_{14} : 0,259 | α_{15} : 0,084 | α_{16} : 0,511 |
| | α_{17} : -0,016 | α_{18} : -0,100 | α_{21} : 1,416 |

Secara sistem maka persamaan untuk model tersebut adalah

$$\hat{Z}_t = 1,416 + 0,223f^{(h_{1,t})} + 0,919f^{(h_{2,t})} + 0,965f^{(h_{3,t})} + 0,259f^{(h_{4,t})} + 0,084f^{(h_{5,t})} + 0,511f^{(h_{6,t})} - 0,016f^{(h_{7,t})} - 0,100f^{(h_{8,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{8,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{8,t})}} - 1$$

$$h_{1,t} = -0,273 + 0,294Y_{t-1} + 0,245Y_{t-7} + 0,241Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = 1,099 - 0,133Y_{t-1} + 1,198Y_{t-7} + 0,637Y_{t-8}$$

$$h_{3,t} = -1,068 + 3,080Y_{t-1} - 0,892Y_{t-7} - 0,131Y_{t-8}$$

$$h_{4,t} = 0,587 + 1,370Y_{t-1} - 0,824Y_{t-7} + 0,926Y_{t-8}$$

$$h_{5,t} = -1,321 + 2,582Y_{t-1} + 1,155Y_{t-7} + 0,494Y_{t-8}$$

$$h_{6,t} = -0,069 + 0,614Y_{t-1} + 0,480Y_{t-7} + 0,834Y_{t-8}$$

$$h_{7,t} = -0,106 + 0,214Y_{t-1} - 0,266Y_{t-7} + 0,413Y_{t-8}$$

$$h_{8,t} = 0,323 + 2,123Y_{t-1} + 1,123Y_{t-7} - 1,327Y_{t-8}$$

Model disubsistem Kediri pukul 13.30 memiliki 3 neuron di *input layer*, 4 neuron di *hidden layer*, dan 1 neuron di *output layer*. Hasil dari nilai bobot dan bias dapat dilihat di Tabel 4.40.

Tabel 4.40. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Kediri pukul 13.30

| Model | Nilai Bobot | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kediri 13.30 | β_{11} : 0,388 | β_{12} : 0,172 | β_{13} : 1,110 |
| | β_{21} : -1,035 | β_{22} : -0,642 | β_{23} : 0,288 |
| | β_{31} : 0,487 | β_{32} : -0,743 | β_{33} : -0,727 |
| | β_{41} : -0,629 | β_{42} : -0,664 | β_{43} : 0,860 |
| | B_1 : 0,532 | B_2 : 0,438 | B_3 : 0,077 |
| | B_4 : -0,431 | | |
| | α_{11} : 0,363 | α_{12} : 0,149 | α_{13} : 0,395 |
| | α_{14} : 0,616 | α_{21} : 0,412 | |

Secara sistematis maka persamaanya adalah

$$\hat{Z}_t = 0,412 + 0,363f^{(h_{1,t})} + 0,149f^{(h_{2,t})} + 0,395f^{(h_{3,t})} + 0,616f^{(h_{4,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{4,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{4,t})}} - 1$$

$$h_{1,t} = 0,532 + 0,388Y_{t-1} + 0,172Y_{t-7} + 1,110Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = 0,438 - 1,035Y_{t-1} - 0,642Y_{t-7} + 0,288Y_{t-8}$$

$$h_{3,t} = 0,077 + 0,487Y_{t-1} - 0,743Y_{t-7} - 0,727Y_{t-8}$$

$$h_{4,t} = -0,431 - 0,629Y_{t-1} - 0,664Y_{t-7} + 0,860Y_{t-8}$$

Model Paiton pukul 13.30 memiliki 3 neuron di *input layer*, 9 neuron di *hidden layer*, dan 1 neuron di *output layer*. Hasil dari nilai bobot dan bias dari model tersebut dapat dilihat di Tabel 4.41.

Tabel 4.41. Nilai bobot dan bias metode hibrida ARIMA & MLP subsistem Paiton pukul 13.30

| Model | Nilai Bobot | | |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Paiton 13.30 | β_{11} : 0,118 | β_{12} : 0,639 | β_{13} : 0,401 |
| | β_{21} : -1,735 | β_{22} : 0,175 | β_{23} : 1,579 |
| | β_{31} : 2,387 | β_{32} : -0,757 | β_{33} : -0,254 |
| | β_{41} : 0,229 | β_{42} : -0,572 | β_{43} : 1,808 |
| | β_{51} : 0,702 | β_{52} : 0,928 | β_{53} : 0,300 |
| | β_{61} : 0,672 | β_{62} : 0,628 | β_{63} : 0,955 |
| | β_{71} : 0,330 | β_{72} : 0,006 | β_{73} : 0,654 |
| | β_{81} : 0,102 | β_{82} : -0,884 | β_{83} : -0,785 |
| | β_{91} : 0,104 | β_{92} : 0,773 | β_{93} : 0,339 |
| | B_1 : -0,849 | B_2 : -0,591 | B_3 : -1,178 |
| | B_4 : 1,219 | B_5 : 0,154 | B_6 : 0,567 |
| | B_7 : -0,585 | B_8 : -0,191 | B_9 : 0,554 |
| | α_{11} : 0,908 | α_{12} : 0,698 | α_{13} : 0,815 |
| | α_{14} : 0,734 | α_{15} : 0,872 | α_{16} : 0,815 |
| | α_{17} : 0,925 | α_{18} : 0,858 | α_{19} : 1,185 |
| | α_{21} : 1,018 | | |

Secara sistematis, maka persamaannya adalah

$$\hat{Z}_t = 1,018 + 0,908f^{(h_{1,t})} + 0,698f^{(h_{2,t})} + 0,815f^{(h_{3,t})} + 0,734f^{(h_{4,t})} + 0,872f^{(h_{5,t})} + 0,815f^{(h_{6,t})} + 0,925f^{(h_{7,t})} + 0,858f^{(h_{8,t})} + 1,185f^{(h_{9,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{9,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{9,t})}} - 1$$

$$h_{1,t} = -0,849 + 0,118Y_{t-1} + 0,639Y_{t-7} + 0,401Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = -0,591 - 1,735Y_{t-1} + 0,175Y_{t-7} + 1,579Y_{t-8}$$

$$h_{3,t} = -1,178 + 2,387Y_{t-1} - 0,757Y_{t-7} - 0,254Y_{t-8}$$

$$h_{4,t} = 1,219 + 0,229Y_{t-1} - 0,572Y_{t-7} + 1,808Y_{t-8}$$

$$h_{5,t} = 0,154 + 0,702Y_{t-1} + 0,928Y_{t-7} + 0,300Y_{t-8}$$

$$h_{6,t} = 0,567 + 0,672Y_{t-1} + 0,628Y_{t-7} + 0,955Y_{t-8}$$

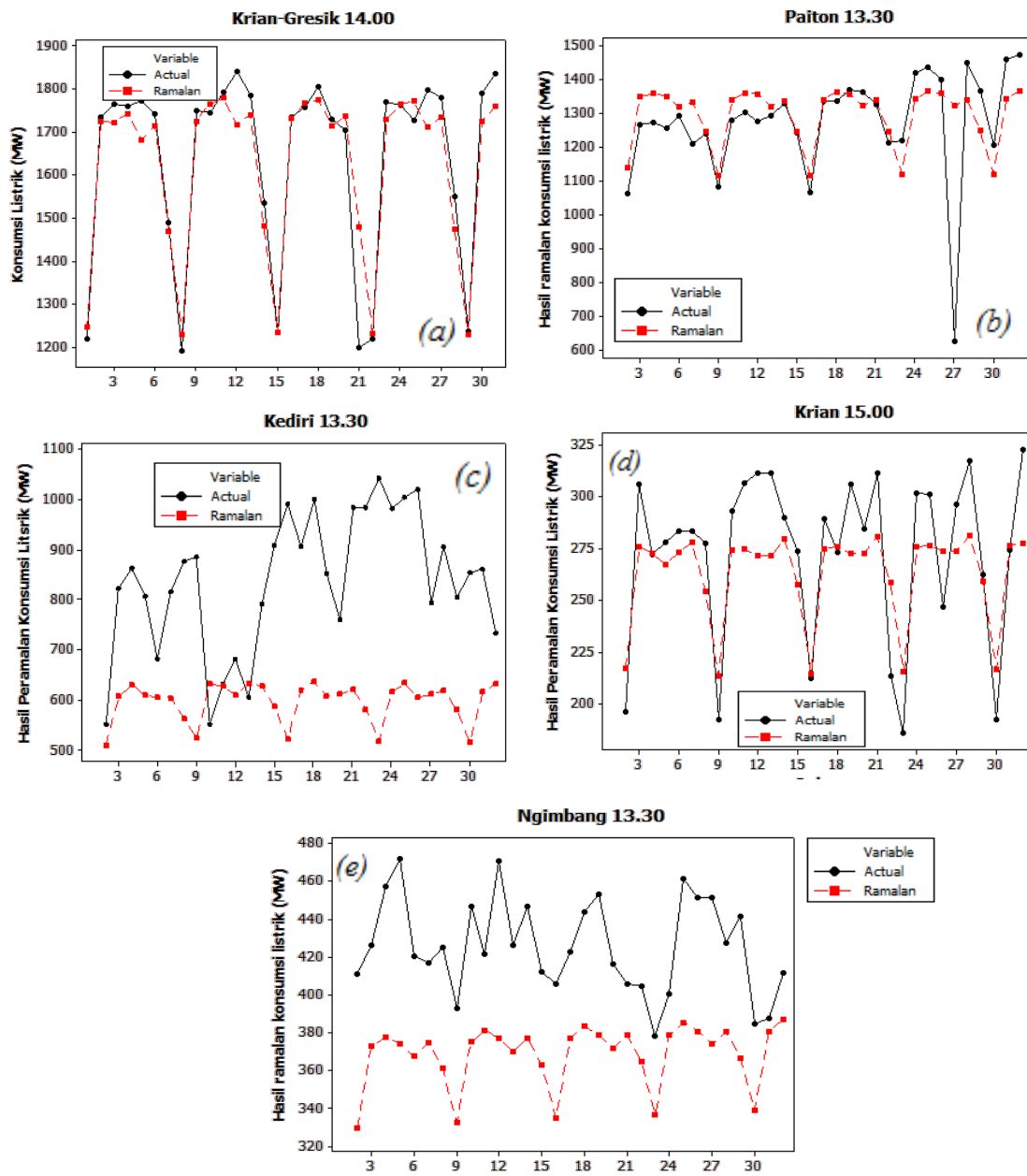
$$h_{7,t} = -0,585 + 0,330Y_{t-1} + 0,006Y_{t-7} + 0,654Y_{t-8}$$

$$h_{8,t} = -0,191 + 0,102Y_{t-1} - 0,884Y_{t-7} - 0,785Y_{t-8}$$

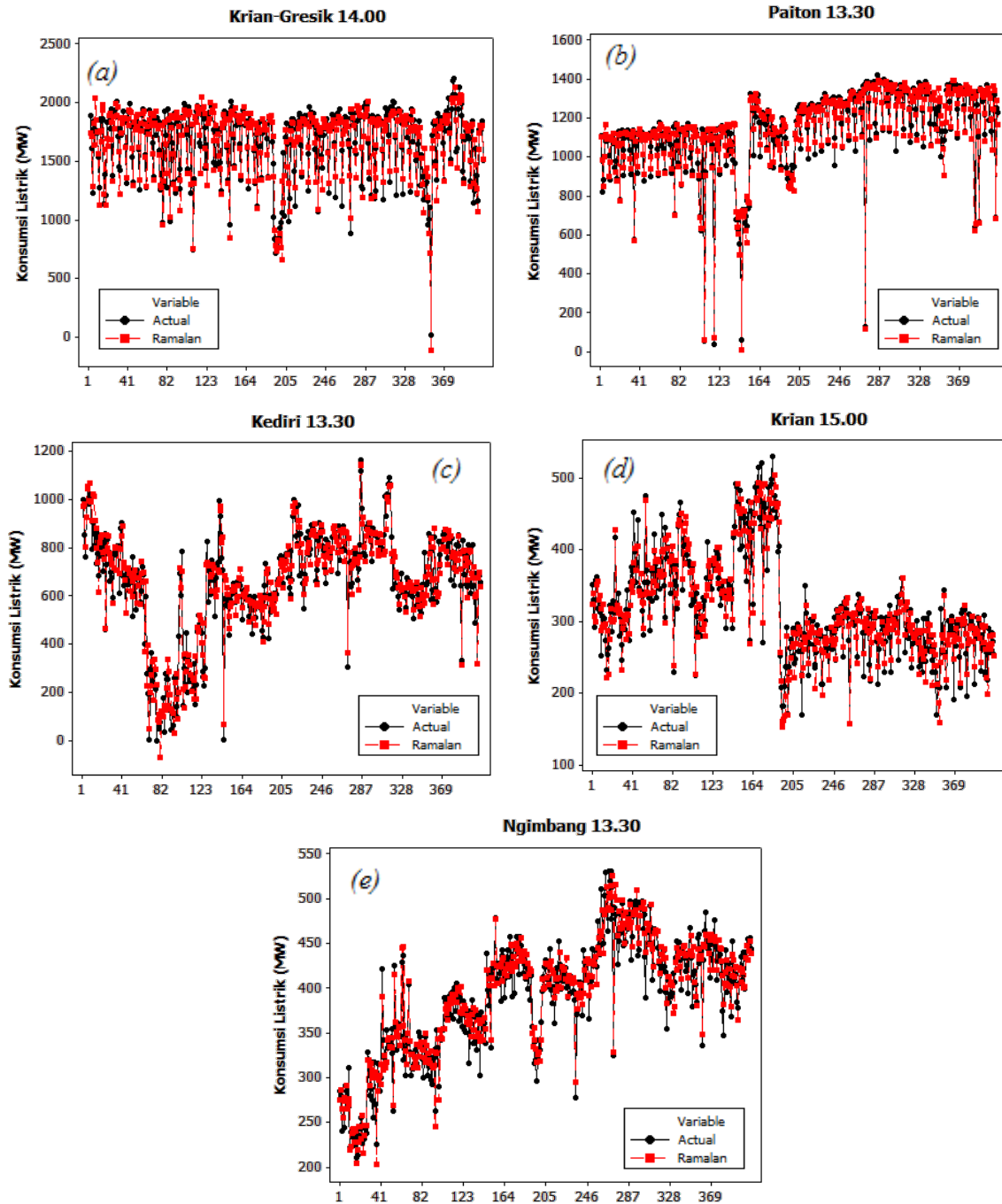
$$h_{9,t} = 0,554 + 0,104Y_{t-1} + 0,773Y_{t-7} + 0,339Y_{t-8}$$

Dengan analisis yang sama, dan langkah-langkah pengerjaan yang sama. Maka hasil dari analisis untuk model disubsistem yang lainnya dapat dilihat di Lampiran 69 dan Lampiran 70. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis mengenai hasil ramalan dari metode hibrida ARIMA & MLP disetiap subsistem. Untuk hasil peramalan berdasarkan *out sample* dapat dilihat di *time series plot*

yang ditunjukkan pada Gambar 4.38. Sedangkan untuk perbandingan hasil ramalan berdasarkan data *in sample* ditunjukkan pada Gambar 4.39.

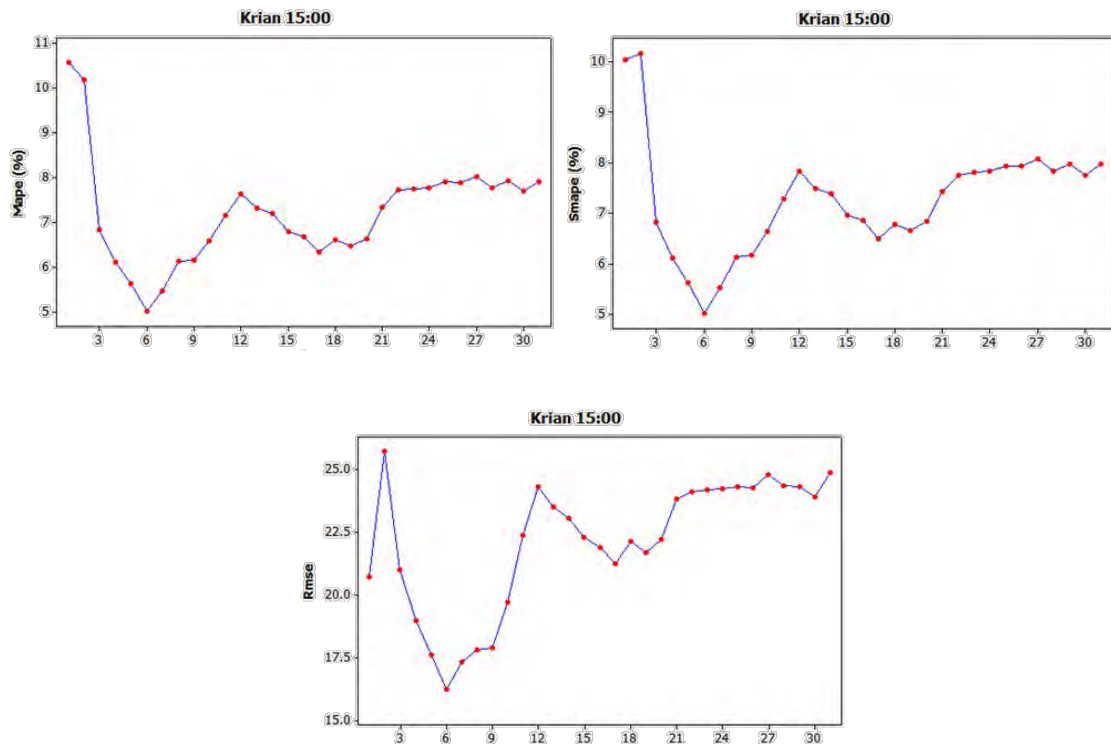


Gambar 4.38. Hasil perbandingan ramalan dari metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan data *out sample* untuk model Krian-Gresik pukul 14.00 (a), Paiton pukul 13.30 (b), Kediri pukul 13.30 (c) Krian pukul 15.00 (d), dan Ngimbang 13.30 (e)



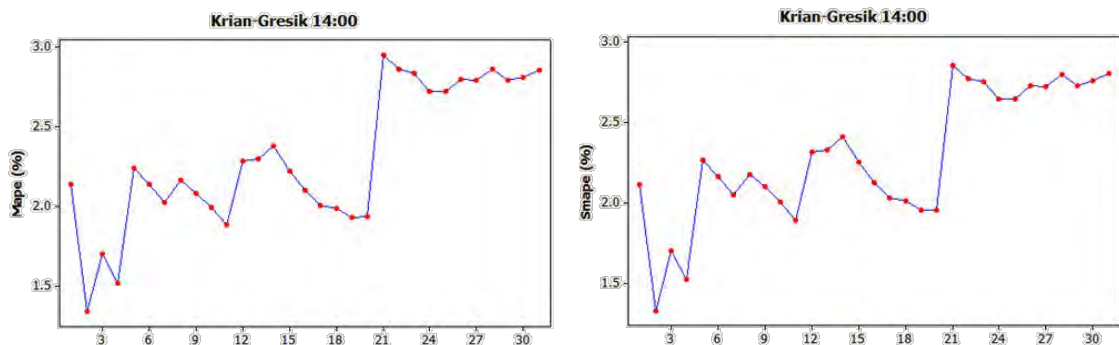
Gambar 4.39. Hasil perbandingan ramalan dari metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan data *in sample* untuk model Krian-Gresik pukul 14.00 (a), Paiton pukul 13.30 (b), Kediri pukul 13.30 (c) Krian pukul 15.00 (d), dan Ngimbang 13.30 (e)

Hasil dari perhitungan MAPE, SMAPE, dan RMSE untuk subsistem Krian pukul 15.00 sesuai dengan Gambar 4.40, menunjukkan hasil yang kurang baik dimana *error* MAPE dan SMAPE yang kurang dari 5% hanya di hari ke 6. Sedangkan untuk model di Krian pukul 11.00 menunjukkan hasil ramalan yang bagus ketika meramal hari ke 1 hingga ke 5, untuk Krian pukul 23.00, hasil yang diperoleh tidak bagus karena *error* MAPE dan SMAPE rata-rata diatas 5%, untuk lebih jelasnya, dapat dilihat di bagian Lampiran 71.

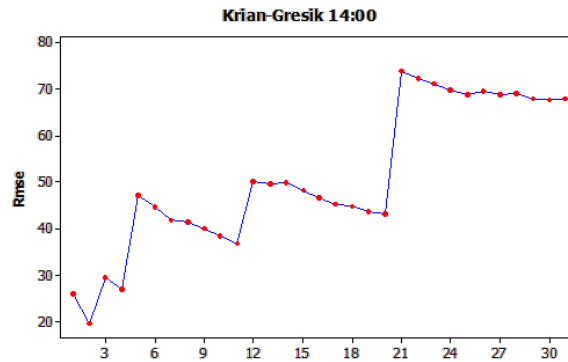


Gambar 4.40. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan *out sample* di subsistem Krian Pukul 15.00

Selanjutnya adalah model di subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 yang bisa dilihat secara visual di Gambar 4.41, yang menunjukkan hasil yang bagus, peramalan dari hari ke 1 hingga hari ke 31 menunjukkan hasil yang baik, karena *error* MAPE, SMAPE kurang dari 5%. Untuk model Krian-Gresik pukul 15.00 menunjukkan hasil yang kurang bagus pada peramalan hari ke 1 hingga hari ke 3, namun di hari ke 4 sampai hari ke 12, hasil ramalan yang dihasilkan model cukup baik. Sedangkan model Krian-Gresik 22.30, hasil peramalannya tidak begitu bagus karena *error* diatas 5%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dibagian Lampiran 71.

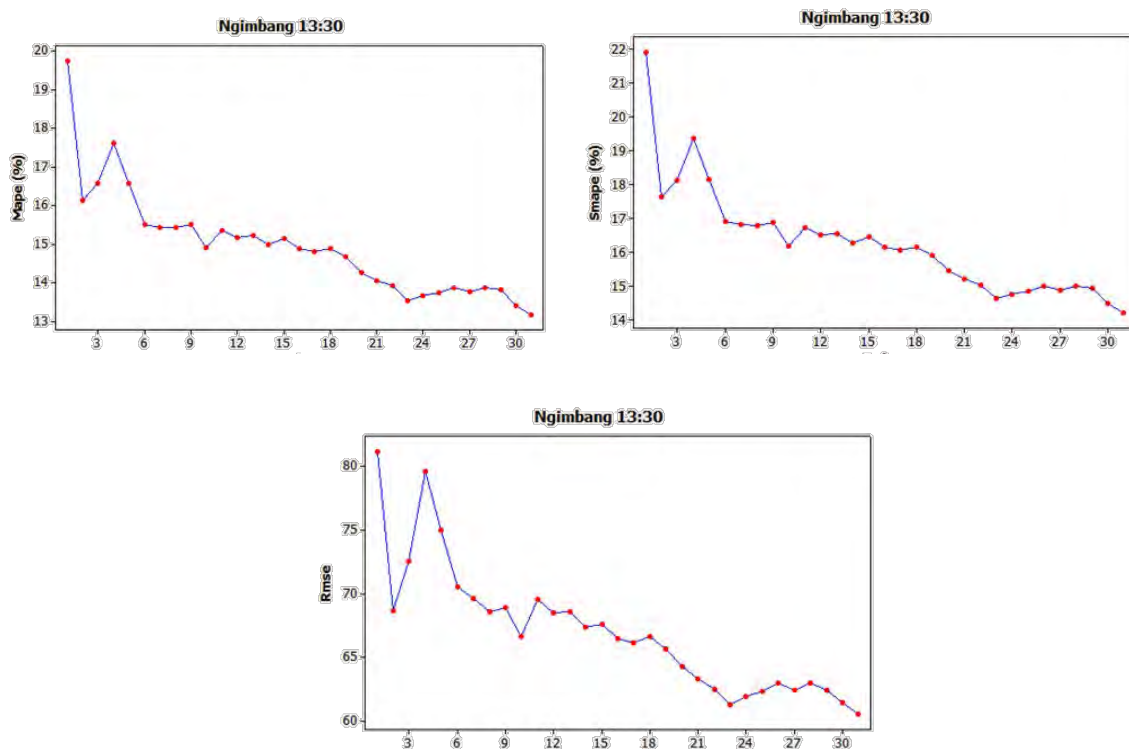


Gambar 4.41. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan *out sample* Krian-Gresik Pukul 14.00

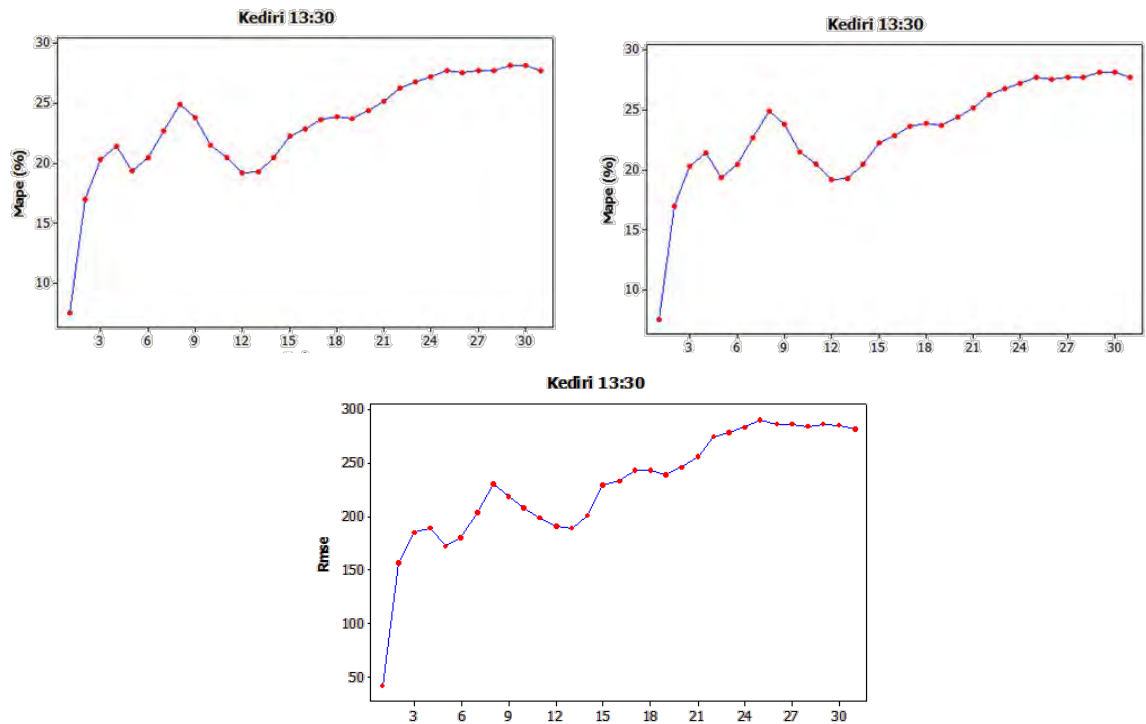


Gambar 4.41: Lanjutan

Sedangkan untuk model peramalan pada subsistem Ngimbang pukul 13.30 dapat dilihat di Gambar 4.42 menunjukkan hasil yang tidak bagus, begitu juga dengan model lain di subsistem Ngimbang yaitu pukul 19.30 dan 22.30, peramalan yang dihasilkan mempunyai *error* MAPE, SMAPE diatas 5%. Penjelasan mengenai model lain bisa dilihat di Lampiran 71. Selanjutnya adalah subistsem Kediri sesuai dengan Gambar 4.43. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode *hibrida ARIMA & MLP* berdasarkan out sample di subsistem Kediri Pukul 13.30, menghasilkan peramalan yang tidak bagus, sesuai dengan Lampiran 71, dimana kedua model lainnya yang terbentuk juga menghasilkan peramalan yang kurang bagus, hanya pada model Kediri 18.30 yang dapat meramalkan di hari pertama saja.

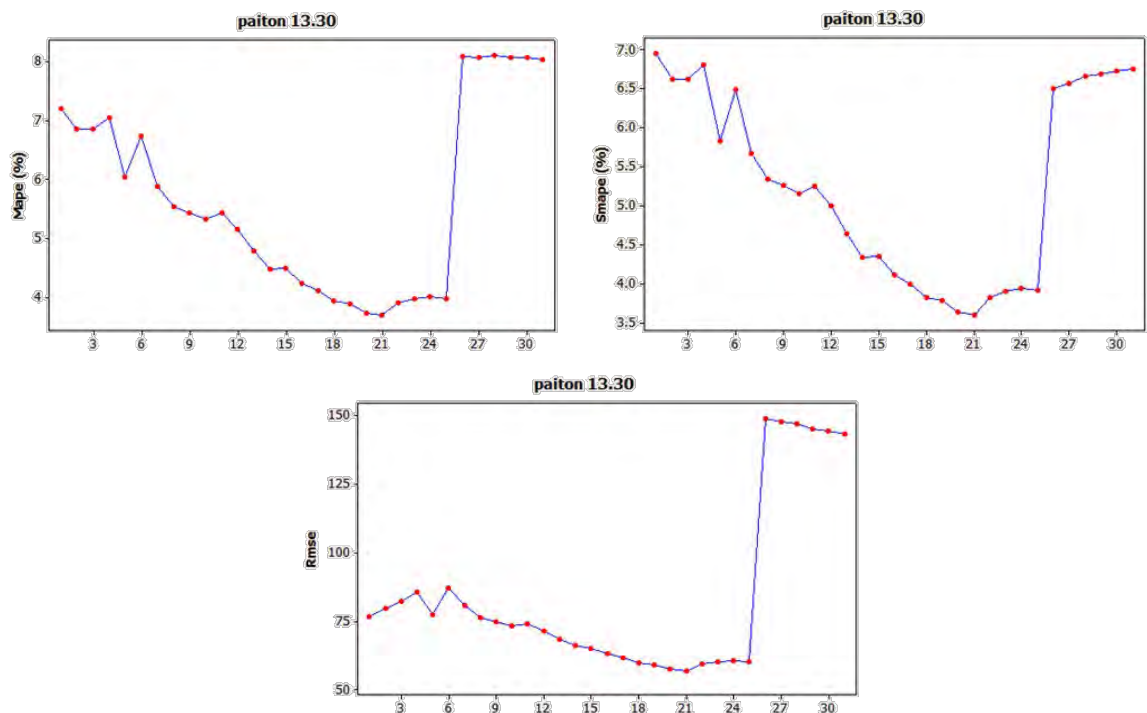


Gambar 4.42. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan *out sample* di subsistem Ngimbang Pukul 13.30



Gambar 4.43. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan *out sample* di subsistem Kediri Pukul 13.30

Untuk subsistem Paiton pukul 13.30 sesuai dengan Gambar 4.44, menunjukkan hasil yang bagus pada peramalan hari ke 12 hingga ke 26. Sedangkan untuk model lainnya di subsistem Paiton sesuai dengan Lampiran 71 menunjukkan hasil yang kurang bagus.



Gambar 4.44. Grafik MAPE, SMAPE, RMSE metode hibrida ARIMA & MLP berdasarkan *out sample* di subsistem Paiton Pukul 13.30

4.5 Perbandingan Hasil Ramalan Metode ARIMA, MLP, dan Hibrida

ARIMA dan MLP

Ramalan konsumsi beban listrik di Jawa Timur untuk setiap subsistemnya, menggunakan metode ARIMA, MLP, dan hibrida ARIMA dan MLP pada pembahasan sebelumnya menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Oleh karena itu, dalam pembahasan ini akan dilakukan perbandingan kebaikan model hasil ramalan dari ketiga metode tersebut, untuk mengetahui metode yang paling sesuai untuk meramalkan konsumsi beban listrik di setiap subsistem di Jawa Timur. Sesuai dengan Tabel 4.42 untuk hasil model ARIMA, dan Tabel 4.43 untuk hasil model MLP, serta yang merupakan hasil dari model hibrida ARIMA dan MLP.

Kebaikan model ditentukan berdasarkan 3 kriteria, MAPE, RMSE, dan SMAPE. Secara umum hasil kebaikan model dengan metode MLP menghasilkan nilai yang lebih akurat dibandingkan dengan metode ARIMA dan hibrida ARIMA & MLP. Bahwa untuk model Krian 15.00, Krian 23.00, dan Krian-Gresik 14.00 model paling baik dihasilkan oleh metode ARIMA. Sedangkan untuk model Krian-Gresik 15.00, Krian-Gresik 22.30, dan Paiton 13.30 model terbaik dihasilkan oleh metode hibrida ARIMA & MLP. Untuk kesembilan model sisanya, model terbaik dihasilkan oleh metode MLP. Hasil dari peramalan konsumsi listrik di setiap subsistem dengan model terbaik dapat dilihat pada Lampiran 61. Dimana pada Tabel 4.42 hingga Tabel 4.44 yang diblok warna abu-abu merupakan hasil yang paling bagus dibandingkan dengan metode lain.

Tabel 4.42. Hasil model kebaikan ramalan *out sample* metode ARIMA.

| Subistem | Pukul | Model ARIMA | MAPE | RMSE | SMAPE |
|--------------|-------|------------------------------|-------|--------|-------|
| Krian | 11.00 | $([1,2,14,28],1,0)(1,1,0)^7$ | 11,46 | 37,63 | 12,27 |
| | 15.00 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 7,89 | 25,1 | 7,99 |
| | 23.00 | $(1,1,[2])(0,1,1)^7$ | 6,14 | 21,33 | 6,37 |
| Krian-Gresik | 14.00 | $(0,1,[1,6,12])(0,1,1)^7$ | 2,73 | 66,91 | 2,67 |
| | 15.00 | $([1,14],1,[2])(1,1,0)^7$ | 4,94 | 99,11 | 4,98 |
| | 22.30 | $(0,1,[1,3])(0,1,1)^7$ | 6,78 | 141,06 | 6,19 |
| Ngimbang | 13.30 | $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ | 13,95 | 63,59 | 15,11 |
| | 19.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 8,58 | 46,35 | 9,03 |
| | 22.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 27,3 | 120,28 | 31,7 |
| Paiton | 13.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 8,14 | 143,94 | 6,83 |
| | 18.30 | $(0,1,[1,2,3])(0,1,1)^7$ | 22,2 | 350,71 | 24,95 |
| | 22.30 | $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$ | 8,68 | 149,5 | 6,93 |
| Kediri | 13.30 | $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$ | 27,48 | 279,63 | 32,9 |
| | 18.30 | $(0,1,1)(0,1,1)^7$ | 18,4 | 222,93 | 20,8 |
| | 05.30 | $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$ | 10,08 | 91,64 | 9,23 |

Tabel 4.43. Hasil model kebaikan ramalan *out sample* metode MLP.

| Subsistem | Pukul | Input Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron Hidden Layer | MAPE | RMSE | SMAPE |
|--------------|-------|----------------------------------------------------------|----------------------------|--------|---------|--------|
| Krian | 11.00 | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 9 | 7,268 | 25,586 | 7,149 |
| | 15.00 | 1, 7, 8 | 6 | 9,757 | 43,913 | 9,965 |
| | 23.00 | 1, 2, 8, 9 | 4 | 7,147 | 23,379 | 7,171 |
| Krian-Gresik | 14.00 | 1, 7, 8 | 10 | 5,855 | 116,455 | 5,622 |
| | 15.00 | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 9 | 4,955 | 93,464 | 4,879 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 4 | 7,146 | 23,379 | 7,171 |
| Ngimbang | 13.30 | 1, 7, 8 | 3 | 4,349 | 21,582 | 4,319 |
| | 19.30 | 1, 7, 8 | 8 | 3,430 | 19,329 | 3,405 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 8 | 2,996 | 15,612 | 2,978 |
| Paiton | 13.30 | 1, 7, 8 | 10 | 10,069 | 163,927 | 9,093 |
| | 18.30 | 1, 7, 8 | 10 | 7,755 | 166,655 | 6,838 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 6 | 7,603 | 145,576 | 6,190 |
| Kediri | 13.30 | 1, 7, 8 | 2 | 12,365 | 118,479 | 12,467 |
| | 18.30 | 1, 7, 8 | 3 | 8,072 | 99,149 | 8,252 |
| | 05.30 | 1, 7, 8 | 3 | 7,407 | 95,670 | 7,161 |

Tabel 4.44. Hasil model kebaikan ramalan *out sample* metode hibrida ARIMA dan MLP.

| Subsistem | Pukul | Input Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron Hidden Layer | MAPE | RMSE | SMAPE |
|--------------|-------|----------------------------------------------------------|----------------------------|--------|---------|--------|
| Krian | 11.00 | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 4 | 11,582 | 37,992 | 12,410 |
| | 15.00 | 1, 7, 8 | 6 | 7,914 | 24,962 | 7,997 |
| | 23.00 | 1, 2, 8, 9 | 9 | 6,360 | 21,793 | 6,604 |
| Krian-Gresik | 14.00 | 1, 7, 8 | 1 | 2,762 | 67,082 | 2,702 |
| | 15.00 | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 9 | 4,955 | 93,464 | 4,879 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 9 | 6,748 | 139,512 | 6,198 |
| Ngimbang | 13.30 | 1, 7, 8 | 8 | 13,147 | 60,394 | 14,190 |
| | 19.30 | 1, 7, 8 | 10 | 8,536 | 46,179 | 8,991 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 10 | 27,200 | 119,900 | 31,570 |
| Paiton | 13.30 | 1, 7, 8 | 9 | 8,058 | 143,247 | 6,765 |
| | 18.30 | 1, 7, 8 | 1 | 23,056 | 354,113 | 25,241 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 5 | 8,607 | 148,724 | 6,872 |
| Kediri | 13.30 | 1, 7, 8 | 4 | 27,350 | 278,603 | 32,780 |
| | 18.30 | 1, 7, 8 | 10 | 18,152 | 219,744 | 20,502 |
| | 05.30 | 1, 7, 8 | 10 | 9,909 | 90,604 | 9,095 |

Sedangkan hasil dari peramalan selama beberapa hari kedepan, dengan batas toleransi error sebesar 5% untuk MAPE, dan SMAPE, dihasilkan kesimpulan bahwa, metode MLP mampu melakukan peramalan untuk beberapa hari kedepan dengan hasil yang bagus, dan dengan rentang ramalan yang cukup jauh

dibeberapa hari kedepannya, dibandingkan dengan metode ARIMA dan hibrida ARIMA & MLP. Lebih jelasnya dapat dilihat di Tabel 4.45.

Tabel 4.45. Hasil *error* MAPE, SMAPE, RMSE, berdasarkan peramalan beberapa hari kedepannya berdasarkan *out sample*

| Subsistem | Model | ARIMA | MLP | Hibrida ARIMA & MLP |
|--------------|-------|-------|------|---------------------|
| Ngimbang | 13.30 | 1-19 | 1-31 | - |
| | 19.30 | 2-31 | 4-31 | - |
| | 22.30 | 3-31 | 1-31 | - |
| Krian-Gresik | 14.00 | 1-31 | 1-31 | 1-31 |
| | 15.00 | - | - | 1-3 |
| | 22.30 | - | - | - |
| Krian | 11.00 | 1-4 | - | 1-5 |
| | 15.00 | - | 2-9 | - |
| | 23.00 | 1-4 | - | - |
| Kediri | 13.30 | - | - | - |
| | 18.30 | - | - | 1 |
| | 05.30 | - | - | - |
| Paiton | 13.30 | - | 1-21 | 12-26 |
| | 18.30 | 7-14 | 1-24 | - |
| | 22.30 | 2-31 | - | - |

4.6 Hasil Kombinasi Lag AR untuk Metode MLP dan Hibrida ARIMA & MLP

Dalam penelitian ini juga dilakukan percobaan dengan mengkombinasikan lag AR dari model ARIMA sebagai variabel *input* dari metode MLP dan hirida ARIMA & MLP. Hal ini bertujuan untuk melihat apakah benar lag AR merupakan variabel *input* yang paling maksimal untuk metode-metode tersebut. Dalam proses kombinasi lag AR dicari nilai MAPE, RMSE, dan SMAPE dari *out sample* yang paling kecil. Untuk hasilnya bisa dilihat di Tabel 4.46 hingga Tabel 4.47.

Tabel 4.46. Hasil kombinasi lag AR untuk metode MLP berdasarkan *out sample*

| Subsistem | Pukul | <i>Input</i> | Jumlah Neuron <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|--------------|-------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------|---------|-------|
| Krian | 11.00 | 1, 7, 8, 10, 14, 21, 22, 28, 35, 36 | 9 | 5,587 | 19,839 | 5,462 |
| | 15.00 | 7, 8 | 1 | 7,816 | 24,910 | 7,531 |
| | 23.00 | 7 | 1 | 5,584 | 18,511 | 5,521 |
| Krian-Gresik | 14.00 | 1, 7, 8 | 10 | 5,854 | 116,455 | 5,622 |
| | 15.00 | 7, 9, 14, 28 | 9 | 4,531 | 91,558 | 4,437 |
| | 22.30 | 1, 7, 8 | 10 | 8,435 | 159,538 | 7,765 |

Tabel 4.46: Lanjutan

| Subsistem | Pukul | <i>Input</i> | Jumlah Neuron <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-----------|-------|--------------|-----------------------------------|--------|---------|--------|
| Ngimbang | 13.30 | 1, 7, 8 | 3 | 4,349 | 21,582 | 4,319 |
| | 19.30 | 1, 7 | 2 | 3,386 | 19,190 | 3,357 |
| | 22.30 | 1, 6, 7 | 8 | 2,957 | 15,461 | 2,939 |
| Paiton | 13.30 | 7 | 10 | 9,560 | 156,452 | 8,683 |
| | 18.30 | 1, 3, 7 | 10 | 7,501 | 161,172 | 6,550 |
| | 22.30 | 3, 7 | 10 | 7,404 | 144,404 | 5,906 |
| Kediri | 13.30 | 1, 7, 8 | 2 | 12,365 | 118,479 | 12,467 |
| | 18.30 | 1, 7, 8 | 3 | 8,072 | 99,149 | 8,252 |
| | 05.30 | 1, 2, 7 | 4 | 7,105 | 89,659 | 6,773 |

Tabel 4.47. Hasil kombinasi lag AR untuk metode hibrida ARIMA dan MLP berdasarkan *out sample*

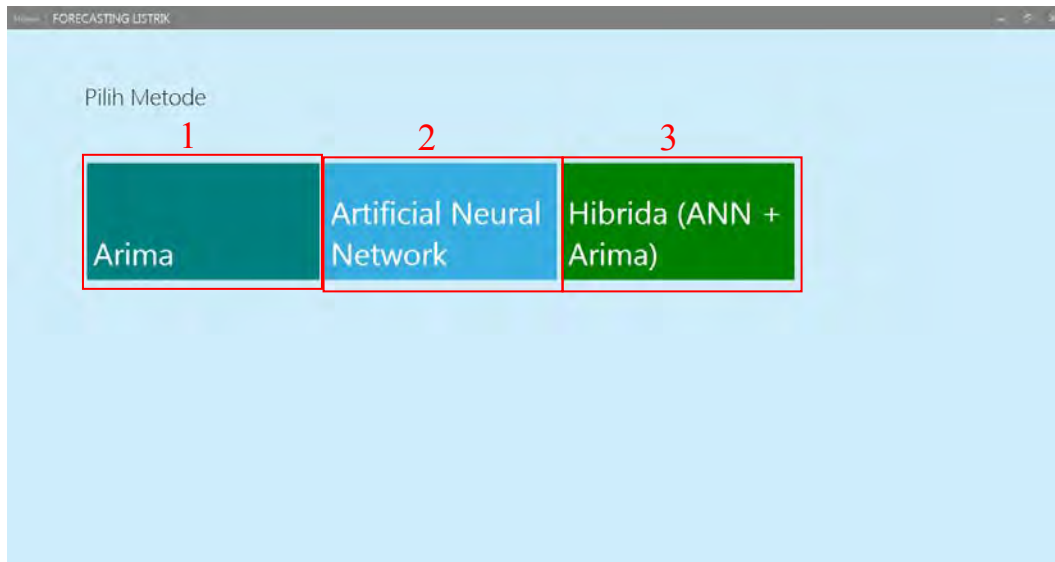
| Subsistem | Pukul | <i>Input</i> | Jumlah Neuron <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|--------------|-------|---------------------------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| Krian | 11.00 | 1, 2, 3, 7, 8, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 42, 43 | 8 | 10,129 | 34,090 | 10,748 |
| | 15.00 | 1, 2, 6 | 4 | 7,712 | 24,550 | 7,787 |
| | 23.00 | 2, 5, 7 | 6 | 6,136 | 21,295 | 6,361 |
| Krian-Gresik | 14.00 | 1, 4, 7 | 4 | 2,714 | 66,785 | 2,647 |
| | 15.00 | 1, 7, 14, 22, 28 | 6 | 4,219 | 90,250 | 4,250 |
| | 22.30 | 1, 2, 3 | 10 | 6,630 | 138,90 | 6,049 |
| Ngimbang | 13.30 | 2, 6 | 9 | 12,971 | 59,716 | 13,989 |
| | 19.30 | 2, 6 | 9 | 8,342 | 45,311 | 8,779 |
| | 22.30 | 1, 2, 3 | 6 | 26,576 | 117,07 | 30,727 |
| Paiton | 13.30 | 1, 2, 3 | 10 | 7,912 | 142,55 | 6,661 |
| | 18.30 | 1, 4, 6 | 1 | 23,026 | 353,76 | 25,204 |
| | 22.30 | 1, 6, 8 | 10 | 8,575 | 148,91 | 6,833 |
| Kediri | 13.30 | 1, 2, 3 | 4 | 27,087 | 276,06 | 32,398 |
| | 18.30 | 1, 4, 7 | 6 | 17,978 | 217,90 | 20,281 |
| | 05.30 | 1, 5, 6 | 10 | 9,694 | 88,922 | 8,918 |

Berdasarkan Tabel 4.46 dan Tabel 4.46 bisa disimpulkan bahwa. tidak semua lag AR menghasilkan nilai yang signifikan jika digunakan dalam variabel *input* di metode MLP dan hibrida ARIMA & MLP.

4.7 Bagian Antarmuka Sistem

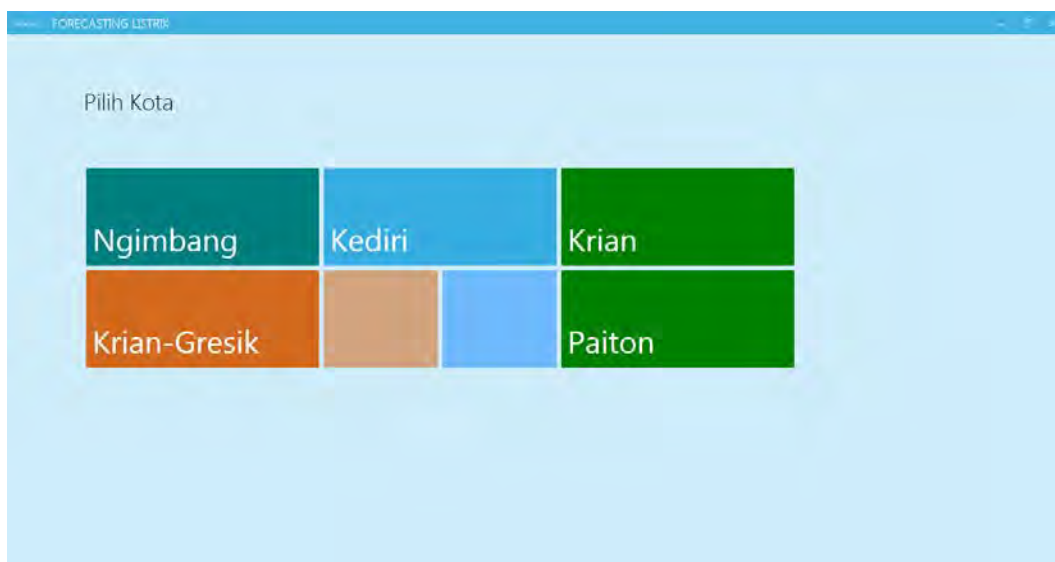
Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai antarmuka pada perangkat lunak yang telah selesai dibuat. Antarmuka dalam perangkat lunak dibagi menjadi empat maca,, yaitu antarmuka untuk memilih metode yang akan dianalisis, antarmuka untuk metode ARIMA, antarmuka pemilihan subsistem yang akan dianalisis, antarmuka metode MLP, dan antarmuka metode hibrida ARIMA & MLP. Antarmuka dibentuk dengan menggunakan teknologi WPF.

Gambar 4.45 adalah rancangan antarmuka dalam pemilihan metode yang akan digunakan dalam menganalisis data konsumsi beban listrik. Kotak nomor 1 adalah *tab menu* metode ARIMA, kotak nomor 2 adalah metode MLP, dan kotak nomor 3 adalah metode hibrida ARIMA & MLP.



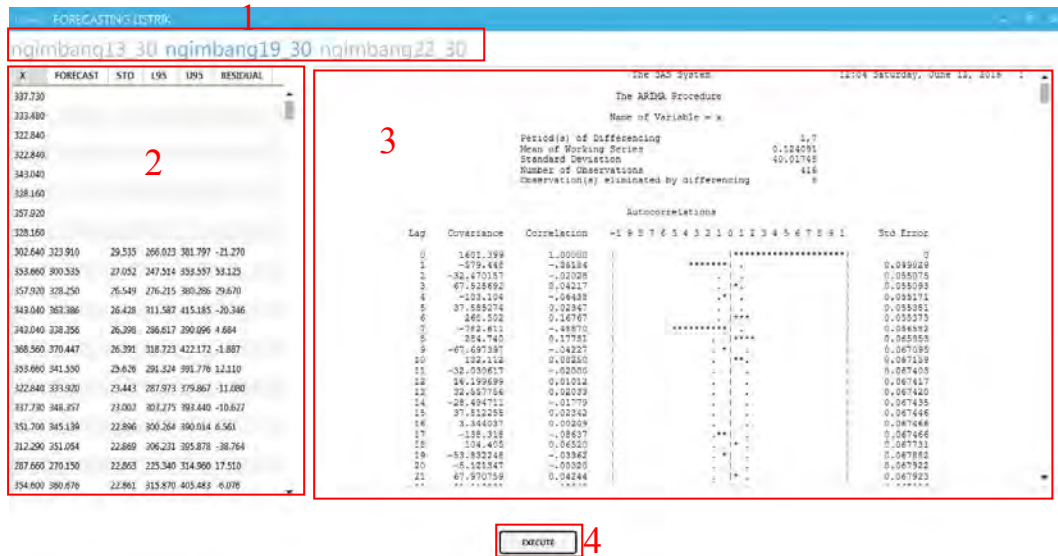
Gambar 4.45. Antarmuka pemilihan metode

Gambar 4.46 merupakan rancangan antarmuka yang digunakan untuk melakukan pemilihan subsistem yang akan dianalisis, yaitu terdiri dari subsistem Ngimbang, Kediri, Krian, Krian-Gresik, dan Paiton. Di setiap subsistem tersebut, nantinya pengguna dapat memilih menganalisis untuk shift pagi, siang, atau malam.

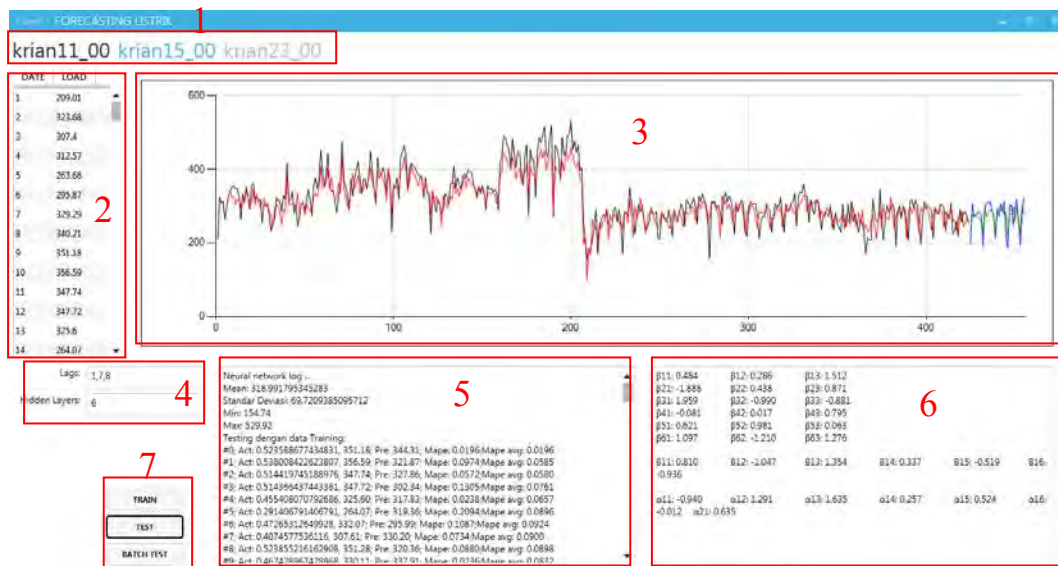


Gambar 4.46. Antarmuka pemilihan subsistem yang dianalisis

Merupakan perancangan antarmuka untuk metode ARIMA, terdapat 4 bagian dalam antarmuka tersebut, bagian nomor 1 adalah *tab menu* yang digunakan untuk pemilihan data yang akan dianalisis, nomor 2 merupakan hasil dari peramalan, perhitungan residual, batas atas, batas bawah, dan standar deviasi dari proses ARIMA, nomor 3 merupakan hasil *output* dari proses ARIMA berupa perhitungan parameter signifikansi, dan lain sebagainya. Nomor 4 adalah *button execute* yang digunakan untuk eksekusi model.



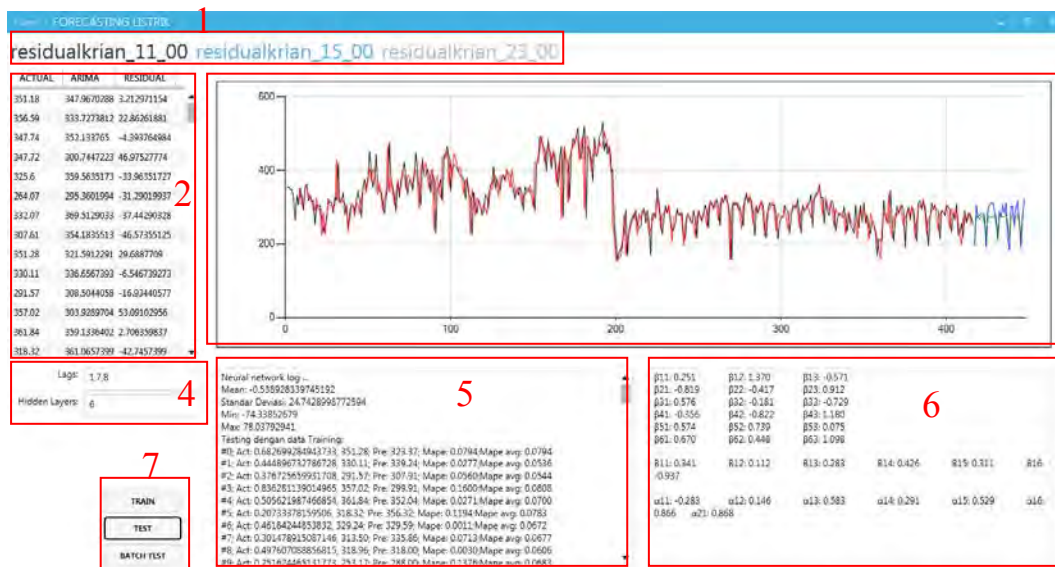
Gambar 4.47. Antarmuka metode ARIMA



Gambar 4.48. Antarmuka metode MLP

Gambar 4.48 adalah perancangan antarmuka untuk metode MLP, terdapat 7 bagian dalam antarmuka ini, nomor 1 adalah *tab menu* untuk pemilihan data yang

akan dianalisis, nomor 2 merupakan tampilan data yang akan dianalisis, nomor 3, adalah hasil visualisasi grafik dari hasil peramalan berdasarkan *in sample*, dan *out sample*, dimana data aktual berwarna hitam, data prediksi *in sample* berwarna merah, data aktual *out sample* berwarna biru, dan data prediksi dari *out sample* berwarna hijau. Untuk nomor 4 adalah tab *input* untuk memasukkan nilai lag berdasarkan AR, dan jumlah neuron di lapisan tersembunyi. Nomor 5 adalah hasil dari peramalan model, beserta perhitungan MAPE, SMAPE, dan RMSE. Nomor 6 adalah hasil dari nilai bobot dan bias dari model yang terbentuk. Sedangkan nomor 7 adalah *button train* yang digunakan untuk proses *training* data, *button test* yang digunakan untuk proses *testing*, dan *button batch test* untuk eksekusi training dengan melakukan *generate* kombinasi nilai *input* hingga lag ke AR. Begitu juga dengan Gambar 4.49 merupakan perancangan untuk metode hibrida ARIMA & MLP. Antarmuka untuk proses hibrida ARIMA & MLP mempunyai antarmuka yang sama dengan metode MLP.



Gambar 4.49. Antarmuka metode hibrida ARIMA & MLP

LAMPIRAN

Lampiran 1: Data konsumsi beban listrik di subsistem Krian dari 1/1/2014 –
8/2/2015

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|-----------|------|--------------------------|------------|------|--------------------------|
| 1/1/2014 | 0:30 | 258,12 | 1/6/2014 | 0:30 | 330,42 |
| | 1:00 | 263,58 | | 1:00 | 330,42 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2014 | 0:30 | 323,78 | 24/6/2014 | 0:30 | 426,46 |
| | 1:00 | 318,32 | | 1:00 | 426,45 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2014 | 0:30 | 229,36 | 1/7/2014 | 0:30 | 503,5 |
| | 1:00 | 229,36 | | 1:00 | 476,2 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/2/2014 | 0:30 | 300,34 | 24/7/2014 | 0:30 | 438,15 |
| | 1:00 | 294,88 | | 1:00 | 465,45 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/3/2014 | 0:30 | 446,85 | 1/8/2014 | 0:30 | 258,66 |
| | 1:00 | 414,09 | | 1:00 | 258,66 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/3/2014 | 0:30 | 301,52 | 24/8/2014 | 0:30 | 257,92 |
| | 1:00 | 328,82 | | 1:00 | 252,46 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/4/2014 | 0:30 | 295,16 | 1/9/2014 | 0:30 | 235,48 |
| | 1:00 | 306,64 | | 1:00 | 235,48 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/4/2014 | 0:30 | 354,94 | 24/9/2014 | 0:30 | 278,73 |
| | 1:00 | 365,86 | | 1:00 | 289,65 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/5/2014 | 0:30 | 301,14 | 1/10/2014 | 0:30 | 290,02 |
| | 1:00 | 301,14 | | 1:00 | 290,02 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/5/2014 | 0:30 | 388,42 | 24/10/2014 | 0:30 | 266,93 |
| | 1:00 | 415,56 | | 1:00 | 266,93 |
| | | | | | |

Lampiran 1: Lanjutan

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|------------|------|-----------------------|-----------|------|-----------------------|
| 1/11/2014 | 0:30 | 283,66 | 17/2/2015 | 0:30 | 265,31 |
| | 1:00 | 283,66 | | 1:00 | 259,85 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/11/2014 | 0:30 | 301,84 | 18/2/2015 | 0:30 | 254,74 |
| | 1:00 | 301,84 | | 1:00 | 254,74 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/12/2014 | 0:30 | 267,22 | 19/2/2015 | 0:30 | 262,86 |
| | 1:00 | 278,14 | | 1:00 | 251,94 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/12/2014 | 0:30 | 261,04 | 20/2/2015 | 0:30 | 213,54 |
| | 1:00 | 261,38 | | 1:00 | 212,95 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/1/2015 | 0:30 | 197,31 | 21/2/2015 | 0:30 | 223,93 |
| | 1:00 | 197,31 | | 1:00 | 223,93 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2015 | 0:30 | 267,12 | 22/2/2015 | 0:30 | 251,67 |
| | 1:00 | 267,12 | | 1:00 | 251,61 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2015 | 0:30 | 246 | 23/2/2015 | 0:30 | 197,69 |
| | 1:00 | 246 | | 1:00 | 203,15 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 14/2/2015 | 0:30 | 255,02 | 24/2/2015 | 0:30 | 257,38 |
| | 1:00 | 255,02 | | 1:00 | 257,38 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 15/2/2015 | 0:30 | 235,12 | 25/2/2015 | 0:30 | 239,82 |
| | 1:00 | 235,72 | | 1:00 | 239,82 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 16/2/2015 | 0:30 | 226,28 | 26/2/2015 | 0:30 | 262,91 |
| | 1:00 | 226,73 | | 1:00 | 273,4 |
| | | | | | |

Lampiran 2: Data konsumsi beban listrik di subsistem Ngimbang dari 1/1/2014 - 28/2/2015

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|-----------|------|-----------------------|------------|------|-----------------------|
| 1/1/2014 | 0:30 | 285,13 | 1/6/2014 | 0:30 | 344,87 |
| | 1:00 | 285,13 | | 1:00 | 334,91 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2014 | 0:30 | 266,78 | 24/6/2014 | 0:30 | 411,64 |
| | 1:00 | 261,37 | | 1:00 | 411,64 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2014 | 0:30 | 231,64 | 1/7/2014 | 0:30 | 444,31 |
| | 1:00 | 231,34 | | 1:00 | 453,87 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/2/2014 | 0:30 | 286,91 | 24/7/2014 | 0:30 | 451,06 |
| | 1:00 | 291,92 | | 1:00 | 444,22 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/3/2014 | 0:30 | 331,92 | 1/8/2014 | 0:30 | 301,53 |
| | 1:00 | 326,6 | | 1:00 | 301,52 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/3/2014 | 0:30 | 314,58 | 24/8/2014 | 0:30 | 434,44 |
| | 1:00 | 317,74 | | 1:00 | 425,16 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/4/2014 | 0:30 | 325,46 | 1/9/2014 | 0:30 | 385,09 |
| | 1:00 | 325,46 | | 1:00 | 384,69 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/4/2014 | 0:30 | 352,1 | 24/9/2014 | 0:30 | 407,6 |
| | 1:00 | 357,42 | | 1:00 | 407,19 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/5/2014 | 0:30 | 379,75 | 1/10/2014 | 0:30 | 451,86 |
| | 1:00 | 379,75 | | 1:00 | 451,17 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/5/2014 | 0:30 | 351,23 | 24/10/2014 | 0:30 | 436,58 |
| | 1:00 | 350,83 | | 1:00 | 426,73 |

Lampiran 2: Lanjutan

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|------------|------|-----------------------|-----------|------|-----------------------|
| 1/11/2014 | 0:30 | 465,09 | 17/2/2015 | 0:30 | 377,53 |
| | 1:00 | 464,33 | | 1:00 | 373,58 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/11/2014 | 0:30 | 452,05 | 18/2/2015 | 0:30 | 382,74 |
| | 1:00 | 439,26 | | 1:00 | 389,22 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/12/2014 | 0:30 | 390,78 | 19/2/2015 | 0:30 | 389,43 |
| | 1:00 | 391,55 | | 1:00 | 389,22 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/12/2014 | 0:30 | 406,06 | 20/2/2015 | 0:30 | 376,76 |
| | 1:00 | 410,5 | | 1:00 | 381,02 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/1/2015 | 0:30 | 413,86 | 21/2/2015 | 0:30 | 393,59 |
| | 1:00 | 408,56 | | 1:00 | 388,66 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2015 | 0:30 | 428,58 | 22/2/2015 | 0:30 | 403,25 |
| | 1:00 | 428,58 | | 1:00 | 402,47 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2015 | 0:30 | 366,92 | 23/2/2015 | 0:30 | 388,08 |
| | 1:00 | 371,85 | | 1:00 | 389,09 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 14/2/2015 | 0:30 | 393,19 | 24/2/2015 | 0:30 | 410,09 |
| | 1:00 | 383,36 | | 1:00 | 399,09 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 15/2/2015 | 0:30 | 362,74 | 25/2/2015 | 0:30 | 419,11 |
| | 1:00 | 362,73 | | 1:00 | 392,8 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 16/2/2015 | 0:30 | 347,47 | 26/2/2015 | 0:30 | 389,51 |
| | 1:00 | 338,11 | | 1:00 | 398,72 |
| | | | | | |

Lampiran 3: Data konsumsi beban listrik di subsistem Krian-Gresik dari
1/1/2014 – 28/2/2015

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|-----------|------|--------------------------|------------|------|--------------------------|
| 1/1/2014 | 0:30 | 1.183,97 | 1/6/2014 | 0:30 | 1.296,32 |
| | 1:00 | 1.104,72 | | 1:00 | 1.296,29 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2014 | 0:30 | 1.522,44 | 24/6/2014 | 0:30 | 1.631,62 |
| | 1:00 | 1.486,39 | | 1:00 | 1.593,58 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2014 | 0:30 | 1.194,11 | 1/7/2014 | 0:30 | 1.659,69 |
| | 1:00 | 1.222,9 | | 1:00 | 1.635,22 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/2/2014 | 0:30 | 1.246,58 | 24/7/2014 | 0:30 | 1.497,43 |
| | 1:00 | 1.227,36 | | 1:00 | 1.523,49 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/3/2014 | 0:30 | 1.439,22 | 1/8/2014 | 0:30 | 935,2 |
| | 1:00 | 1.415,4 | | 1:00 | 916,9 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/3/2014 | 0:30 | 1.403,22 | 24/8/2014 | 0:30 | 1.456,16 |
| | 1:00 | 845,45 | | 1:00 | 1.449,34 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/4/2014 | 0:30 | 1.326,42 | 1/9/2014 | 0:30 | 1.400,46 |
| | 1:00 | 1.161,76 | | 1:00 | 1.348,07 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/4/2014 | 0:30 | 1.597,94 | 24/9/2014 | 0:30 | 1.544,02 |
| | 1:00 | 1.523,15 | | 1:00 | 1.515,46 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/5/2014 | 0:30 | 1.526,28 | 1/10/2014 | 0:30 | 1.629,93 |
| | 1:00 | 1.491,17 | | 1:00 | 1.614,21 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/5/2014 | 0:30 | 1.583,05 | 24/10/2014 | 0:30 | 1.620,94 |
| | 1:00 | 1.490,22 | | 1:00 | 1.660,23 |
| | | | | | |

Lampiran 3: Lanjutan

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|------------|------|-----------------------|-----------|------|-----------------------|
| 1/11/2014 | 0:30 | 1.60,17 | 17/2/2015 | 0:30 | 1.465,4 |
| | 1:00 | 1.654,24 | | 1:00 | 1.433,71 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/11/2014 | 0:30 | 1.470,88 | 18/2/2015 | 0:30 | 1.360,83 |
| | 1:00 | 1.454,7 | | 1:00 | 1.344,42 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/12/2014 | 0:30 | 1.261,83 | 19/2/2015 | 0:30 | 1.349,18 |
| | 1:00 | 1.261,99 | | 1:00 | 1.339,13 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/12/2014 | 0:30 | 1.525,22 | 20/2/2015 | 0:30 | 1.192,43 |
| | 1:00 | 1.517,34 | | 1:00 | 1.175,98 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/1/2015 | 0:30 | 1.094,62 | 21/2/2015 | 0:30 | 1.277,55 |
| | 1:00 | 1.068,76 | | 1:00 | 1.272,45 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2015 | 0:30 | 1.682,64 | 22/2/2015 | 0:30 | 1.204,37 |
| | 1:00 | 1.666,69 | | 1:00 | 1.176,55 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2015 | 0:30 | 1.686,07 | 23/2/2015 | 0:30 | 1.225,37 |
| | 1:00 | 1.687,44 | | 1:00 | 1.208,14 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 14/2/2015 | 0:30 | 1.410,23 | 24/2/2015 | 0:30 | 1.438,83 |
| | 1:00 | 1.384,03 | | 1:00 | 1.422,69 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 15/2/2015 | 0:30 | 1.301,82 | 25/2/2015 | 0:30 | 1.476,15 |
| | 1:00 | 1.327,06 | | 1:00 | 1.457,06 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 16/2/2015 | 0:30 | 1.239,04 | 26/2/2015 | 0:30 | 1.400,28 |
| | 1:00 | 1.210,2 | | 1:00 | 1.398,56 |
| | | | | | |

Lampiran 4: Data konsumsi beban listrik di subsistem Kediri dari 1/1/2014 – 28/2/2015

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|-----------|--------------|-----------------------|------------|--------------|-----------------------|
| 1/1/2014 | 0:30 1:00 | 617,7 603 | 1/6/2014 | 0:30 1:00 | 553,29 560,14 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2014 | 0:30 1:00 | 908,83 912,03 | 24/6/2014 | 0:30 1:00 | 599,61 599,71 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2014 | 0:30 1:00 | 690,04 690,74 | 1/7/2014 | 0:30 1:00 | 639,77 626,37 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/2/2014 | 0:30 1:00 | 680,03 667,03 | 24/7/2014 | 0:30 1:00 | 736,07 715,07 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/3/2014 | 0:30 1:00 | 597,14 583,34 | 1/8/2014 | 0:30 1:00 | 623,39 564,19 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/3/2014 | 0:30 1:00 | 175,04 168,49 | 24/8/2014 | 0:30 1:00 | 879,78 876,08 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/4/2014 | 0:30 1:00 | 286,53 280,09 | 1/9/2014 | 0:30 1:00 | 613,96 600,35 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/4/2014 | 0:30 1:00 | 80,32 113,56 | 24/9/2014 | 0:30 1:00 | 727,58 713,99 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/5/2014 | 0:30 1:00 | 354,16 363,45 | 1/10/2014 | 0:30 1:00 | 807,24 786,13 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/5/2014 | 0:30 1:00 | 650,73 644,49 | 24/10/2014 | 0:30 1:00 | 686,28 684,91 |

Lampiran 4: Lanjutan

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|------------|------|--------------------------|-----------|------|--------------------------|
| 1/11/2014 | 0:30 | 820,76 | 17/2/2015 | 0:30 | 741,77 |
| | 1:00 | 805,64 | | 1:00 | 740,82 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/11/2014 | 0:30 | 928 | 18/2/2015 | 0:30 | 662,96 |
| | 1:00 | 928,92 | | 1:00 | 656,89 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/12/2014 | 0:30 | 674,44 | 19/2/2015 | 0:30 | 643,38 |
| | 1:00 | 660,98 | | 1:00 | 643,19 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/12/2014 | 0:30 | 545,82 | 20/2/2015 | 0:30 | 609,87 |
| | 1:00 | 545,82 | | 1:00 | 603,03 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/1/2015 | 0:30 | 632,73 | 21/2/2015 | 0:30 | 586,48 |
| | 1:00 | 632,16 | | 1:00 | 587,62 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2015 | 0:30 | 776 | 22/2/2015 | 0:30 | 480,37 |
| | 1:00 | 763,27 | | 1:00 | 474,29 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2015 | 0:30 | 667,85 | 23/2/2015 | 0:30 | 510,17 |
| | 1:00 | 662,17 | | 1:00 | 496,87 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 14/2/2015 | 0:30 | 725,51 | 24/2/2015 | 0:30 | 587,64 |
| | 1:00 | 744,68 | | 1:00 | 577,4 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 15/2/2015 | 0:30 | 720,39 | 25/2/2015 | 0:30 | 596,64 |
| | 1:00 | 739,39 | | 1:00 | 577,5 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 16/2/2015 | 0:30 | 670,46 | 26/2/2015 | 0:30 | 597,03 |
| | 1:00 | 649,58 | | 1:00 | 597,41 |
| | | | | | |

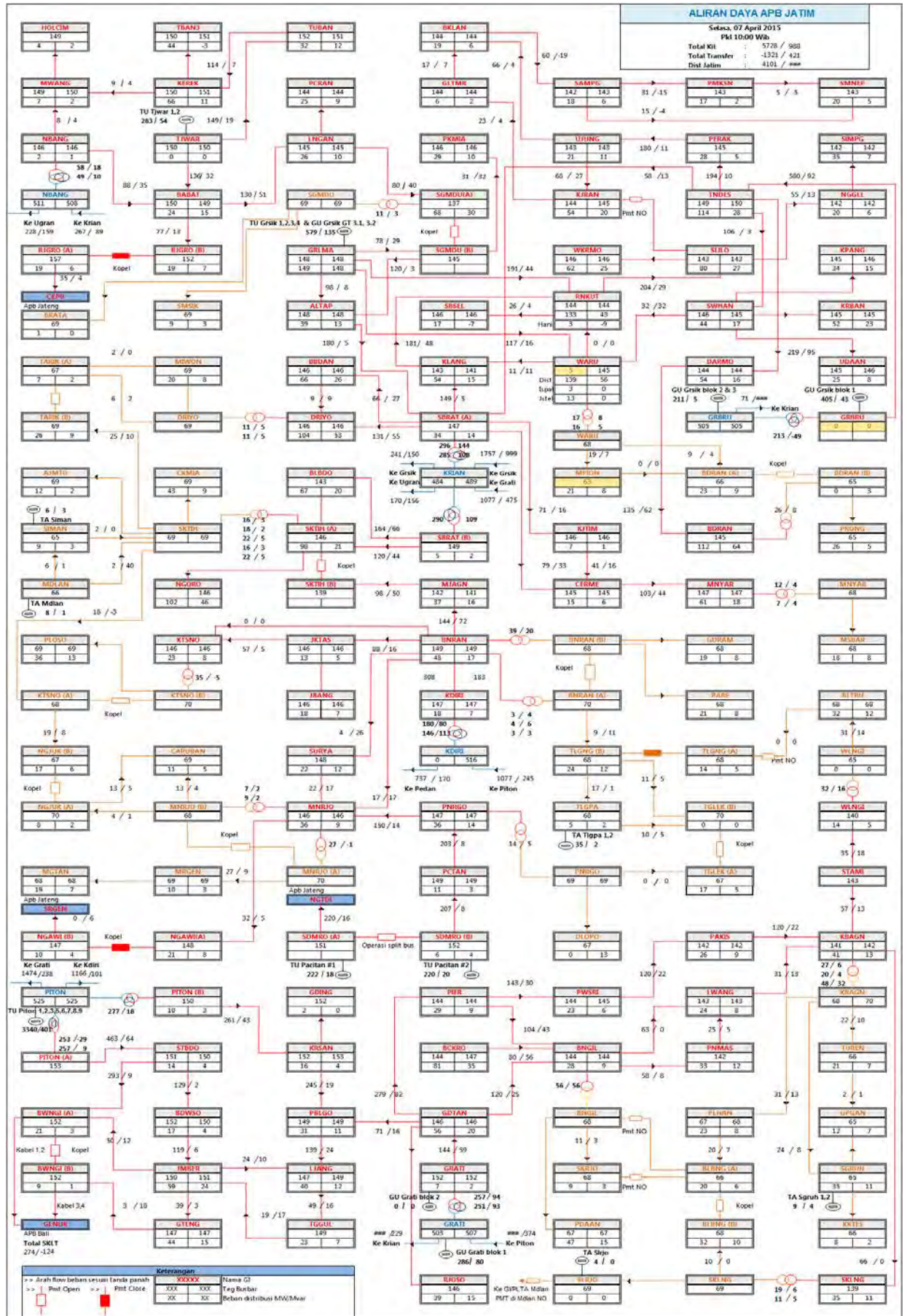
Lampiran 5: Data konsumsi beban listrik di subsistem Paiton dari 1/1/2014 – 28/2/2015

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|-----------|------|-----------------------|------------|------|-----------------------|
| 1/1/2014 | 0:30 | 937,5 | 1/6/2014 | 0:30 | 983,95 |
| | 1:00 | 913,68 | | 1:00 | 972,15 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2014 | 0:30 | 963,46 | 24/6/2014 | 0:30 | 1.229,61 |
| | 1:00 | 944,46 | | 1:00 | 1.205,78 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2014 | 0:30 | 918,31 | 1/7/2014 | 0:30 | 1.226,01 |
| | 1:00 | 926,15 | | 1:00 | 1.188,87 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/2/2014 | 0:30 | 948,73 | 24/7/2014 | 0:30 | 1.176.93 |
| | 1:00 | 932,19 | | 1:00 | 1.162.64 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/3/2014 | 0:30 | 997,85 | 1/8/2014 | 0:30 | 981.71 |
| | 1:00 | 977,38 | | 1:00 | 967.44 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/3/2014 | 0:30 | 967,4 | 24/8/2014 | 0:30 | 1136,8 |
| | 1:00 | 941,3 | | 1:00 | 1.121,74 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/4/2014 | 0:30 | 938,09 | 1/9/2014 | 0:30 | 1.062,63 |
| | 1:00 | 932,1 | | 1:00 | 1.048,36 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/4/2014 | 0:30 | 1.039,97 | 24/9/2014 | 0:30 | 1.227,54 |
| | 1:00 | 1.032,78 | | 1:00 | 1.206,08 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/5/2014 | 0:30 | 1.002,78 | 1/10/2014 | 0:30 | 1.223,8 |
| | 1:00 | 995,46 | | 1:00 | 1.199,5 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/5/2014 | 0:30 | 1.042,85 | 24/10/2014 | 0:30 | 1.257,7 |
| | 1:00 | 1.026,99 | | 1:00 | 1.245,89 |
| | | | | | |

Lampiran 5: Lanjutan

| Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) | Tanggal | Jam | Konsumsi Listrik (MW) |
|------------|------|--------------------------|-----------|------|--------------------------|
| 1/11/2014 | 0:30 | 1.242,48 | 17/2/2015 | 0:30 | 1.225,46 |
| | 1:00 | 1.224,11 | | 1:00 | 1.214,08 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/11/2014 | 0:30 | 1.200,64 | 18/2/2015 | 0:30 | 1.222,27 |
| | 1:00 | 1.200,64 | | 1:00 | 1.196,6 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/12/2014 | 0:30 | 1.112,98 | 19/2/2015 | 0:30 | 1.203,51 |
| | 1:00 | 1.120,06 | | 1:00 | 1.200,74 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/12/2014 | 0:30 | 1.205,52 | 20/2/2015 | 0:30 | 1.147,88 |
| | 1:00 | 1.193,71 | | 1:00 | 1.124,59 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/1/2015 | 0:30 | 1.137,6 | 21/2/2015 | 0:30 | 1.167,96 |
| | 1:00 | 1.111,46 | | 1:00 | 1.158,41 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 24/1/2015 | 0:30 | 1.207,59 | 22/2/2015 | 0:30 | 1.150,83 |
| | 1:00 | 1.198,03 | | 1:00 | 1.129,9 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 1/2/2015 | 0:30 | 1.129,4 | 23/2/2015 | 0:30 | 1.131,87 |
| | 1:00 | 1.112,08 | | 1:00 | 1.123,1 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 14/2/2015 | 0:30 | 1.205,95 | 24/2/2015 | 0:30 | 1.205,42 |
| | 1:00 | 1.201,12 | | 1:00 | 1.177,19 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 15/2/2015 | 0:30 | 1.171,79 | 25/2/2015 | 0:30 | 1.229,29 |
| | 1:00 | 1.160,31 | | 1:00 | 1.177,18 |
| | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ |
| 16/2/2015 | 0:30 | 1.142,96 | 26/2/2015 | 0:30 | 1.255,4 |
| | 1:00 | 1.126,08 | | 1:00 | 1.250,57 |
| | | | | | |

Lampiran 6: Peta persebaran distribusi listrik di Jawa Timur



Lampiran 7: Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur
wilayah subsistem Krian

| Jam | Rata-rata | Standar Deviasi | Selang Kepercayaan 95% untuk Rata-Rata | |
|-------|-----------|--------------------|----------------------------------------|------------|
| | | | Batas Bawah | Batas Atas |
| 07_30 | 293,777 | 202,392 | 287,948 | 299,929 |
| 08_00 | 303,827 | 230,363 | 297,648 | 310,428 |
| 08_30 | 314,044 | 253,129 | 307,542 | 321,017 |
| 09_00 | 318,312 | 261,438 | 311,823 | 325,292 |
| 09_30 | 320,014 | 266,453 | 312,961 | 327,566 |
| 10_00 | 321,165 | 281,586 | 314,456 | 328,379 |
| 10_30 | 322,394 | 287,494 | 315,198 | 330,101 |
| 11_00 | 322,011 | 288,242 | 314,778 | 329,778 |
| 11_30 | 318,388 | 284,926 | 310,976 | 326,317 |
| 12_00 | 306,503 | 263,960 | 299,426 | 314,041 |
| 12_30 | 300,996 | 254,740 | 294,436 | 307,990 |
| 13_00 | 309,828 | 277,704 | 303,063 | 317,069 |
| 13_30 | 319,112 | 294,268 | 312,145 | 326,599 |
| 14_00 | 319,615 | 300,534 | 313,001 | 326,751 |
| 14_30 | 320,548 | 298,322 | 313,947 | 327,677 |
| 15_00 | 318,241 | 289,800 | 311,685 | 325,314 |
| 15_30 | 316,837 | 283,715 | 310,389 | 324,698 |
| 16_00 | 317,096 | 277,617 | 310,254 | 324,450 |
| 16_30 | 315,315 | 259,223 | 308,890 | 322,242 |
| 17_00 | 315,041 | 245,983 | 308,525 | 322,033 |
| 17_30 | 315,327 | 237,216 | 309,041 | 322,040 |
| 18_00 | 315,414 | 228,072 | 308,850 | 322,352 |
| 18_30 | 311,177 | 216,982 | 304,696 | 318,013 |
| 19_00 | 309,159 | 216,688 | 302,803 | 315,860 |
| 19_30 | 309,607 | 213,449 | 303,177 | 316,385 |
| 20_00 | 309,032 | 211,926 | 302,567 | 315,842 |
| 20_30 | 307,190 | 207,240 | 301,261 | 314,488 |
| 21_00 | 305,134 | 205,632 | 298,646 | 311,923 |
| 21_30 | 300,064 | 206,925 | 293,357 | 307,049 |
| 22_00 | 299,537 | 215,361 | 292,673 | 306,675 |
| 22_30 | 311,973 | 228,569 | 304,155 | 320,074 |
| 23_00 | 311,948 | 238,645 | 303,776 | 320,453 |
| 23_30 | 305,654 | 245,910 | 297,579 | 314,032 |
| 00_00 | 244,948 | 336,312 | 232,821 | 258,149 |
| 00_30 | 305,123 | 186,927 | 297,549 | 312,919 |
| 01_00 | 304,363 | 182,486 | 296,875 | 312,044 |
| 01_30 | 303,448 | 187,281 | 295,923 | 311,161 |
| 02_00 | 302,473 | 188,272 | 295,011 | 310,041 |
| 02_30 | 301,041 | 184,801 | 293,785 | 308,525 |
| 03_00 | 298,296 | 181,671 | 290,664 | 305,988 |

Lampiran 7: Lanjutan

| Jam | Rata-rata | Standar Deviasi | Selang Kepercayaan 95% untuk Rata-Rata | |
|-------|-----------|-----------------|----------------------------------------|------------|
| | | | Batas Bawah | Batas Atas |
| 03_30 | 298,590 | 178,180 | 291,181 | 306,087 |
| 04_00 | 300,117 | 175,884 | 292,651 | 307,782 |
| 04_30 | 304,052 | 177,456 | 296,664 | 311,580 |
| 05_00 | 309,776 | 169,737 | 302,445 | 317,248 |
| 05_30 | 307,148 | 173,521 | 299,869 | 314,659 |
| 06_00 | 297,177 | 180,317 | 290,154 | 304,435 |
| 06_30 | 293,385 | 175,614 | 287,142 | 299,949 |
| 07_00 | 286,519 | 178,871 | 280,753 | 292,574 |

Lampiran 8: Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur
wilayah subsistem Kediri

| Jam | Rata-rata | Standar Deviasi | Selang Kepercayaan 95% untuk Rata-Rata | |
|-------|-----------|--------------------|----------------------------------------|------------|
| | | | Batas Bawah | Batas Atas |
| 07_30 | 611,565 | 192,740 | 593,206 | 630,089 |
| 08_00 | 616,425 | 198,193 | 597,555 | 635,481 |
| 08_30 | 628,246 | 202,944 | 608,983 | 647,815 |
| 09_00 | 636,539 | 203,925 | 617,205 | 656,224 |
| 09_30 | 637,885 | 207,577 | 618,236 | 657,951 |
| 10_00 | 637,754 | 209,978 | 617,875 | 658,049 |
| 10_30 | 648,987 | 215,899 | 628,569 | 669,875 |
| 11_00 | 652,869 | 218,522 | 632,209 | 674,016 |
| 11_30 | 649,545 | 218,871 | 628,844 | 670,718 |
| 12_00 | 639,690 | 211,238 | 619,695 | 660,111 |
| 12_30 | 638,736 | 212,097 | 618,656 | 659,236 |
| 13_00 | 645,051 | 216,033 | 624,610 | 665,942 |
| 13_30 | 656,438 | 222,665 | 635,389 | 677,989 |
| 14_00 | 654,266 | 220,988 | 633,406 | 675,682 |
| 14_30 | 650,107 | 216,387 | 629,677 | 671,073 |
| 15_00 | 649,016 | 217,214 | 628,503 | 670,058 |
| 15_30 | 650,029 | 216,234 | 630,477 | 671,655 |
| 16_00 | 658,890 | 216,322 | 638,423 | 679,810 |
| 16_30 | 671,554 | 220,509 | 650,618 | 692,812 |
| 17_00 | 696,835 | 226,368 | 675,336 | 718,651 |
| 17_30 | 737,726 | 248,972 | 714,034 | 761,677 |
| 18_00 | 782,273 | 267,223 | 756,815 | 807,951 |
| 18_30 | 791,139 | 271,359 | 765,242 | 817,171 |
| 19_00 | 779,997 | 270,714 | 754,134 | 805,940 |
| 19_30 | 780,852 | 270,624 | 755,001 | 806,789 |
| 20_00 | 775,315 | 268,630 | 749,704 | 801,110 |
| 20_30 | 761,121 | 263,498 | 737,338 | 787,503 |
| 21_00 | 738,487 | 250,999 | 714,539 | 762,571 |
| 21_30 | 710,414 | 235,047 | 688,020 | 732,999 |
| 22_00 | 681,806 | 226,676 | 660,208 | 703,585 |
| 22_30 | 671,240 | 227,061 | 649,612 | 693,062 |
| 23_00 | 650,459 | 222,920 | 629,242 | 671,900 |
| 23_30 | 627,765 | 217,318 | 607,061 | 648,648 |
| 00_00 | 574,286 | 225,391 | 553,643 | 596,643 |
| 00_30 | 612,108 | 200,622 | 592,898 | 631,291 |
| 01_00 | 608,947 | 193,908 | 590,406 | 627,514 |
| 01_30 | 598,458 | 195,692 | 579,753 | 617,202 |
| 02_00 | 598,205 | 190,296 | 580,016 | 616,433 |
| 02_30 | 594,384 | 190,226 | 576,225 | 612,628 |
| 03_00 | 592,492 | 187,536 | 574,588 | 610,476 |

Lampiran 8: Lanjutan

| Jam | Rata-rata | Standar Deviasi | Selang Kepercayaan 95% untuk Rata-Rata | |
|-------|-----------|-----------------|----------------------------------------|------------|
| | | | Batas Bawah | Batas Atas |
| 03_30 | 598,531 | 187,681 | 580,626 | 616,542 |
| 04_00 | 610,518 | 195,119 | 591,932 | 629,270 |
| 04_30 | 638,295 | 205,556 | 618,714 | 658,049 |
| 05_00 | 664,677 | 220,794 | 643,669 | 685,920 |
| 05_30 | 675,197 | 226,184 | 653,699 | 696,980 |
| 06_00 | 656,032 | 219,046 | 635,203 | 677,119 |
| 06_30 | 628,012 | 198,238 | 609,139 | 647,073 |
| 07_00 | 609,935 | 189,941 | 591,843 | 628,191 |

Lampiran 9: Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur
wilayah subsistem Krian-Gresik

| Jam | Rata-rata | Standar Deviasi | Selang Kepercayaan 95% untuk Rata-Rata | |
|-------|-----------|--------------------|----------------------------------------|------------|
| | | | Batas Bawah | Batas Atas |
| 07_30 | 1.390,996 | 202,392 | 1.372,801 | 1.411,307 |
| 08_00 | 1.464,443 | 230,363 | 1.443,931 | 1.487,686 |
| 08_30 | 1.536,956 | 253,129 | 1.514,240 | 1.562,385 |
| 09_00 | 1.575,287 | 261,438 | 1.551,905 | 1.601,601 |
| 09_30 | 1.600,306 | 266,453 | 1.576,337 | 1.627,037 |
| 10_00 | 1.638,378 | 281,586 | 1.613,022 | 1.666,610 |
| 10_30 | 1.662,815 | 287,494 | 1.637,168 | 1.691,793 |
| 11_00 | 1.670,377 | 288,242 | 1.644,488 | 1.699,320 |
| 11_30 | 1.640,621 | 284,926 | 1.614,838 | 1.669,103 |
| 12_00 | 1.588,461 | 263,960 | 1.564,545 | 1.614,827 |
| 12_30 | 1.577,085 | 254,740 | 1.554,015 | 1.602,538 |
| 13_00 | 1.616,703 | 277,704 | 1.591,671 | 1.644,529 |
| 13_30 | 1.676,257 | 294,268 | 1.649,659 | 1.705,694 |
| 14_00 | 1.670,847 | 300,534 | 1.643,643 | 1.700,884 |
| 14_30 | 1.661,445 | 298,322 | 1.634,481 | 1.691,288 |
| 15_00 | 1.641,238 | 289,800 | 1.614,935 | 1.670,154 |
| 15_30 | 1.629,660 | 283,715 | 1.605,223 | 1.658,741 |
| 16_00 | 1.609,980 | 277,617 | 1.584,726 | 1.637,641 |
| 16_30 | 1.591,721 | 259,223 | 1.568,176 | 1.617,574 |
| 17_00 | 1.575,433 | 245,983 | 1.553,084 | 1.599,961 |
| 17_30 | 1.632,990 | 237,216 | 1.611,637 | 1.656,778 |
| 18_00 | 1.653,344 | 228,072 | 1.632,758 | 1.676,178 |
| 18_30 | 1.669,392 | 216,982 | 1.649,800 | 1.691,111 |
| 19_00 | 1.665,186 | 216,688 | 1.645,596 | 1.686,860 |
| 19_30 | 1.679,993 | 213,449 | 1.660,803 | 1.701,413 |
| 20_00 | 1.681,101 | 211,926 | 1.662,024 | 1.702,353 |
| 20_30 | 1.679,914 | 207,240 | 1.662,886 | 1.701,510 |
| 21_00 | 1.669,641 | 205,632 | 1.651,190 | 1.690,300 |
| 21_30 | 1.647,870 | 206,925 | 1.629,272 | 1.668,639 |
| 22_00 | 1.620,763 | 215,361 | 1.601,130 | 1.642,191 |
| 22_30 | 1.595,227 | 228,569 | 1.574,415 | 1.617,987 |
| 23_00 | 1.537,925 | 238,645 | 1.515,914 | 1.561,481 |
| 23_30 | 1.512,720 | 245,910 | 1.490,074 | 1.537,020 |
| 00_00 | 1.360,644 | 336,312 | 1.330,096 | 1.394,185 |
| 00_30 | 1.451,925 | 186,927 | 1.434,716 | 1.470,401 |
| 01_00 | 1.433,337 | 182,486 | 1.416,720 | 1.451,508 |
| 01_30 | 1.426,493 | 187,281 | 1.409,266 | 1.445,015 |
| 02_00 | 1.414,551 | 188,272 | 1.397,203 | 1.433,148 |
| 02_30 | 1.401,734 | 184,801 | 1.384,748 | 1.420,020 |
| 03_00 | 1.378,424 | 181,671 | 1.361,853 | 1.396,493 |

Lampiran 9: Lanjutan

| Jam | Rata-rata | Standar Deviasi | Selang Kepercayaan 95% untuk Rata-Rata | |
|-------|-----------|-----------------|----------------------------------------|------------|
| | | | Batas Bawah | Batas Atas |
| 03_30 | 1.379,732 | 178,180 | 1.363,370 | 1.397,374 |
| 04_00 | 1.378,954 | 175,884 | 1.362,791 | 1.396,361 |
| 04_30 | 1.382,507 | 177,456 | 1.366,192 | 1.400,063 |
| 05_00 | 1.388,045 | 169,737 | 1.372,661 | 1.404,996 |
| 05_30 | 1.370,019 | 173,521 | 1.354,213 | 1.387,293 |
| 06_00 | 1.333,197 | 180,317 | 1.316,715 | 1.351,107 |
| 06_30 | 1.313,619 | 175,614 | 1.297,670 | 1.331,135 |
| 07_00 | 1.318,295 | 178,871 | 1.302,107 | 1.336,175 |

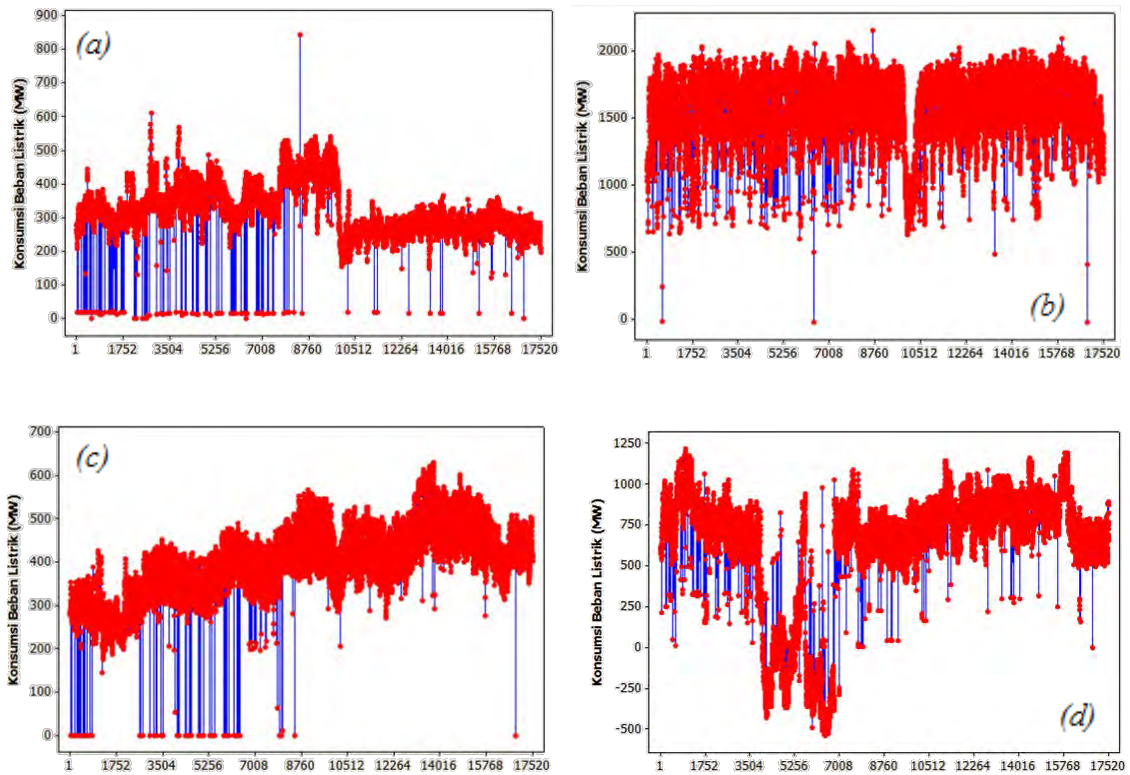
Lampiran 10: Hasil analisis deskriptif konsumsi beban listrik di Jawa Timur
wilayah subsistem Ngimbang

| Jam | Rata-rata | Varians | Selang Kepercayaan 95% untuk Rata-Rata | |
|-------|-----------|------------|----------------------------------------|------------|
| | | | Batas Bawah | Batas Atas |
| 07_30 | 353,619 | 3.152,432 | 348,432 | 359,154 |
| 08_00 | 359,066 | 3.487,842 | 353,615 | 364,893 |
| 08_30 | 365,943 | 3.859,961 | 360,215 | 372,078 |
| 09_00 | 370,315 | 4.181,252 | 364,317 | 376,671 |
| 09_30 | 372,799 | 4.237,704 | 366,766 | 379,202 |
| 10_00 | 374,745 | 4.660,506 | 368,426 | 381,466 |
| 10_30 | 377,342 | 5.033,364 | 370,788 | 384,337 |
| 11_00 | 378,630 | 5.064,862 | 372,058 | 385,649 |
| 11_30 | 376,472 | 4.976,366 | 369,965 | 383,435 |
| 12_00 | 369,944 | 4.497,510 | 363,768 | 376,571 |
| 12_30 | 370,204 | 4.499,801 | 364,027 | 376,833 |
| 13_00 | 376,764 | 4.898,744 | 370,311 | 383,675 |
| 13_30 | 384,221 | 5.377,771 | 377,468 | 391,468 |
| 14_00 | 383,945 | 5.132,331 | 377,354 | 391,029 |
| 14_30 | 378,937 | 5.363,219 | 372,194 | 386,175 |
| 15_00 | 376,324 | 5.016,133 | 369,790 | 383,314 |
| 15_30 | 375,277 | 6.079,763 | 368,911 | 383,417 |
| 16_00 | 379,106 | 5.037,834 | 372,565 | 386,116 |
| 16_30 | 385,461 | 4.856,555 | 379,046 | 392,350 |
| 17_00 | 398,914 | 4.952,113 | 392,414 | 405,853 |
| 17_30 | 428,375 | 5.848,367 | 421,355 | 435,949 |
| 18_00 | 447,055 | 5.705,147 | 440,104 | 454,522 |
| 18_30 | 452,854 | 5.600,460 | 445,943 | 460,234 |
| 19_00 | 454,081 | 5.515,092 | 447,228 | 461,409 |
| 19_30 | 455,253 | 5.732,169 | 448,307 | 462,754 |
| 20_00 | 455,280 | 5.819,390 | 448,264 | 462,825 |
| 20_30 | 450,911 | 6.228,149 | 444,724 | 459,230 |
| 21_00 | 442,518 | 5.629,597 | 435,605 | 449,930 |
| 21_30 | 429,004 | 5.317,507 | 422,286 | 436,208 |
| 22_00 | 416,457 | 5.569,981 | 409,581 | 423,830 |
| 22_30 | 405,014 | 5.856,470 | 397,941 | 412,557 |
| 23_00 | 393,922 | 5.949,902 | 386,776 | 401,512 |
| 23_30 | 385,865 | 5.598,240 | 378,920 | 393,216 |
| 00_00 | 340,235 | 19.579,931 | 327,745 | 354,334 |
| 00_30 | 379,209 | 4.503,320 | 373,025 | 385,837 |
| 01_00 | 376,407 | 4.492,603 | 370,224 | 383,022 |
| 01_30 | 373,811 | 4.441,199 | 367,672 | 380,395 |
| 02_00 | 372,051 | 4.376,719 | 365,953 | 378,584 |
| 02_30 | 370,129 | 4.384,099 | 363,996 | 376,644 |
| 03_00 | 369,024 | 4.380,569 | 362,876 | 375,523 |

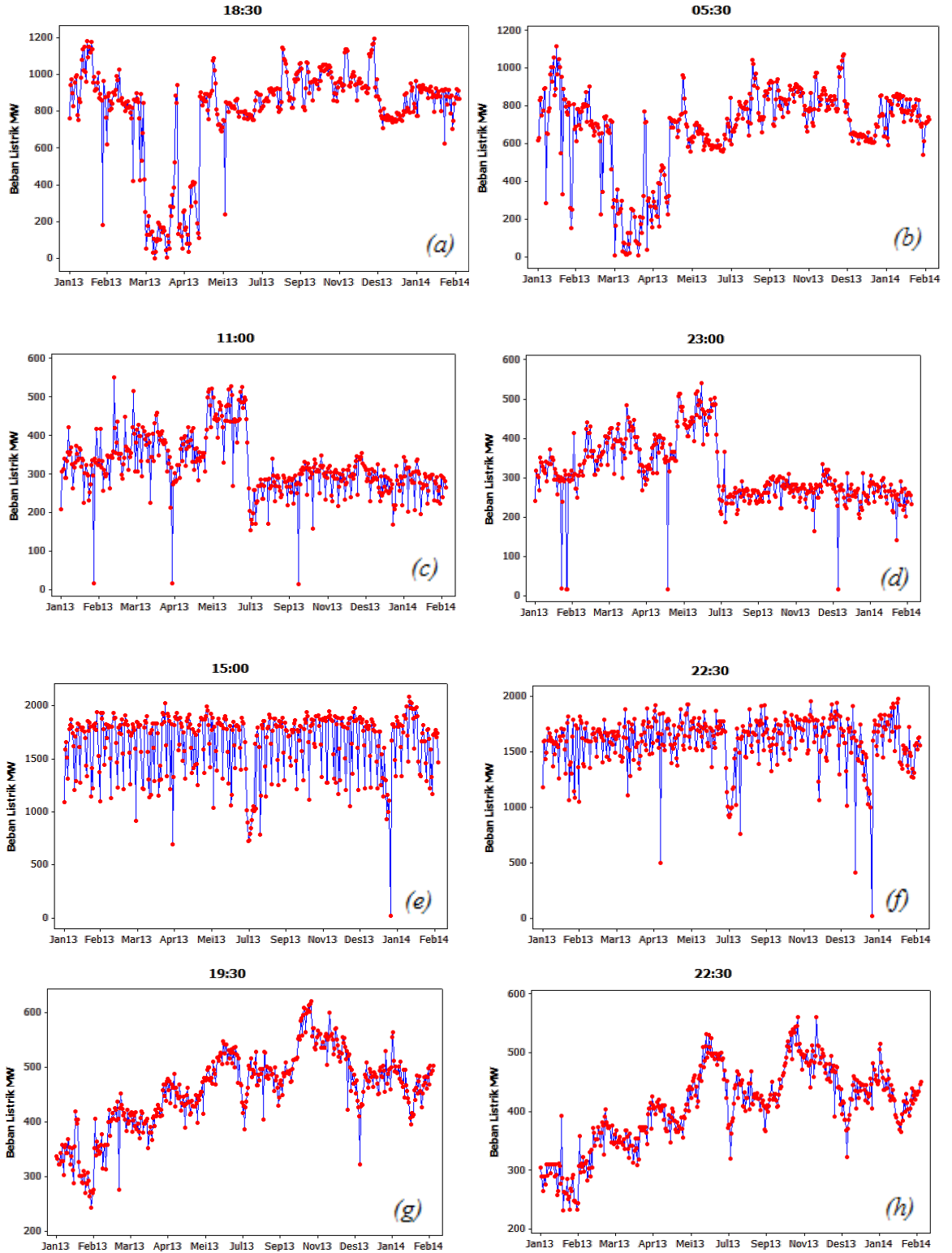
Lampiran 10: Lanjutan

| | | | | |
|-------|---------|-----------|---------|---------|
| 03_30 | 369,475 | 4.475,702 | 363,273 | 376,054 |
| 04_00 | 374,053 | 4.725,294 | 367,688 | 380,819 |
| 04_30 | 382,576 | 4.789,594 | 376,161 | 389,382 |
| 05_00 | 391,956 | 4.579,925 | 385,696 | 398,622 |
| 05_30 | 390,487 | 4.003,306 | 384,645 | 396,728 |
| 06_00 | 372,685 | 3.871,771 | 366,938 | 378,821 |
| 06_30 | 357,316 | 2.760,352 | 352,485 | 362,514 |
| 07_00 | 349,100 | 2.746,705 | 344,273 | 354,279 |

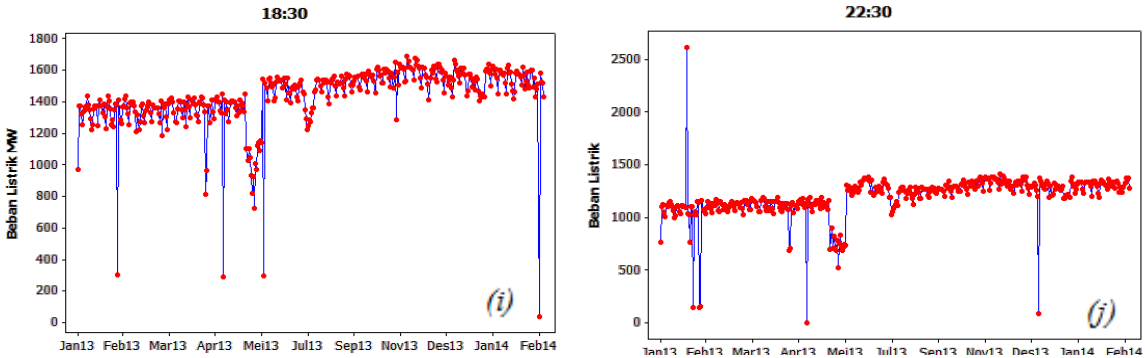
Lampiran 11: *Time series plot* konsumsi listrik di subsistem Kediri (a), Ngimbang (b), Krian (c), dan Krian-Gresik (d)



Lampiran 12: *Time series plot* konsumsi listrik di subsistem Kediri 18.30 (a), Kediri 05.30 (b), Krian 11.00 (c), Krian 23.00 (d), Krian-Gresik 15.00 (e), Krian-Gresik 22.30 (f), Ngimbang 19.30 (g), Ngimbang 22.30 (h), Paiton 18.30 (i), dan Paiton 22.30 (j).

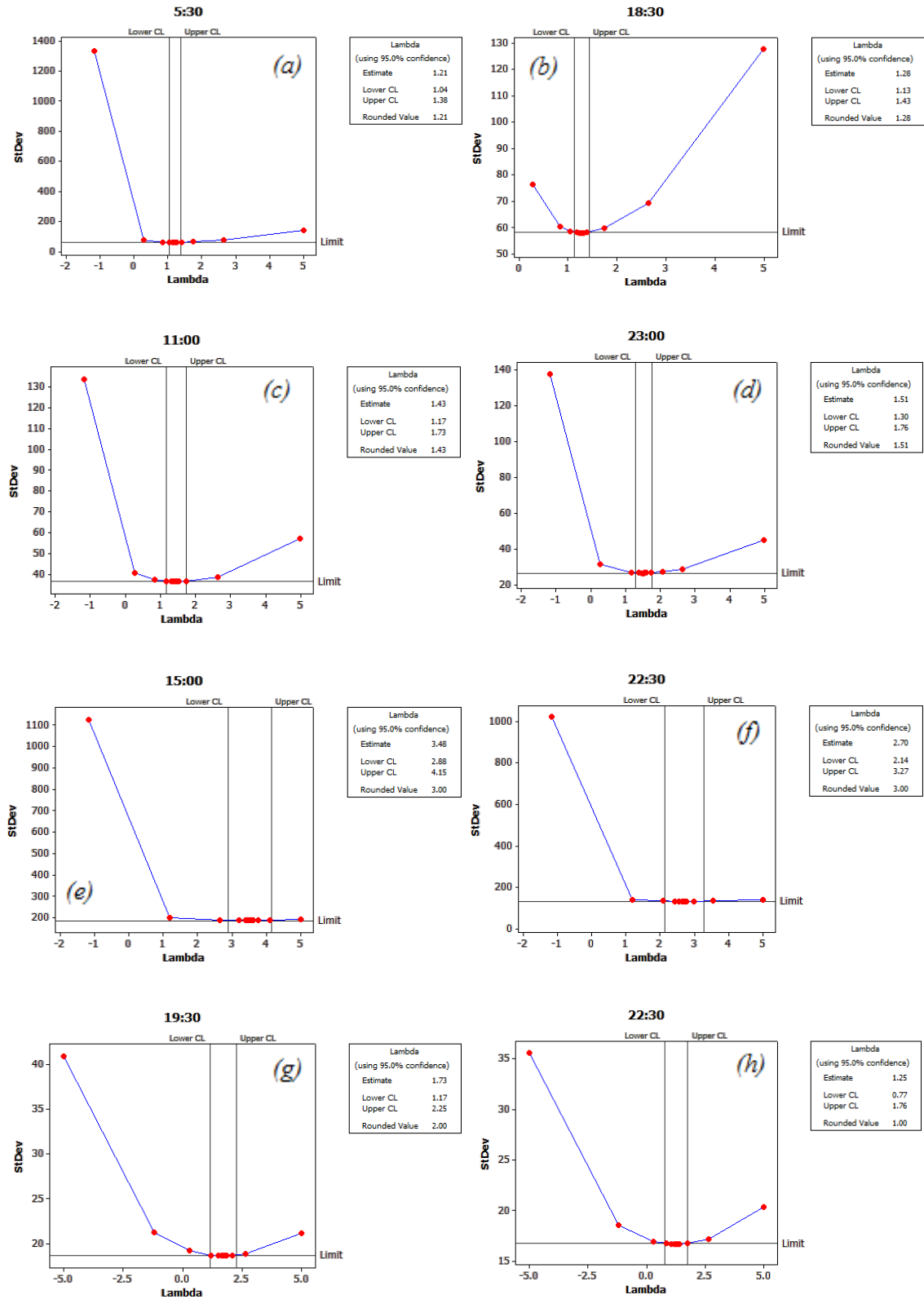


Lampiran 12: Lanjutan

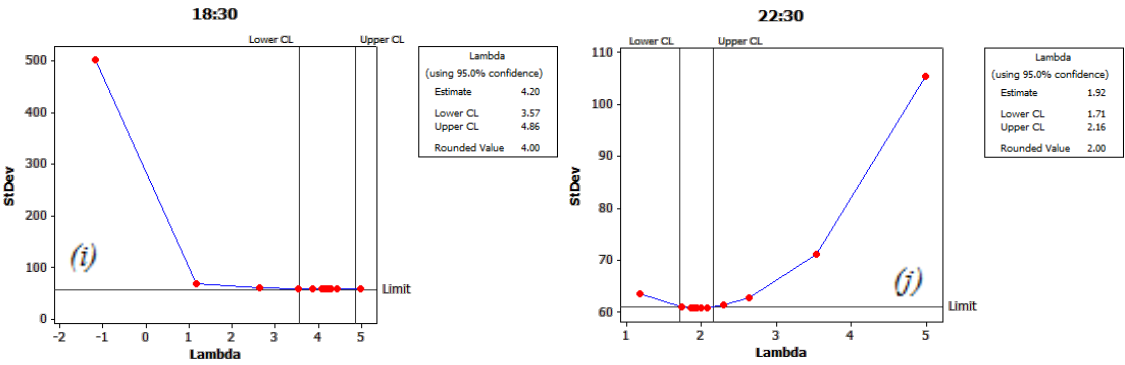


Lampiran 13: Box-Cox Transformation konsumsi listrik di di subsistem Kediri

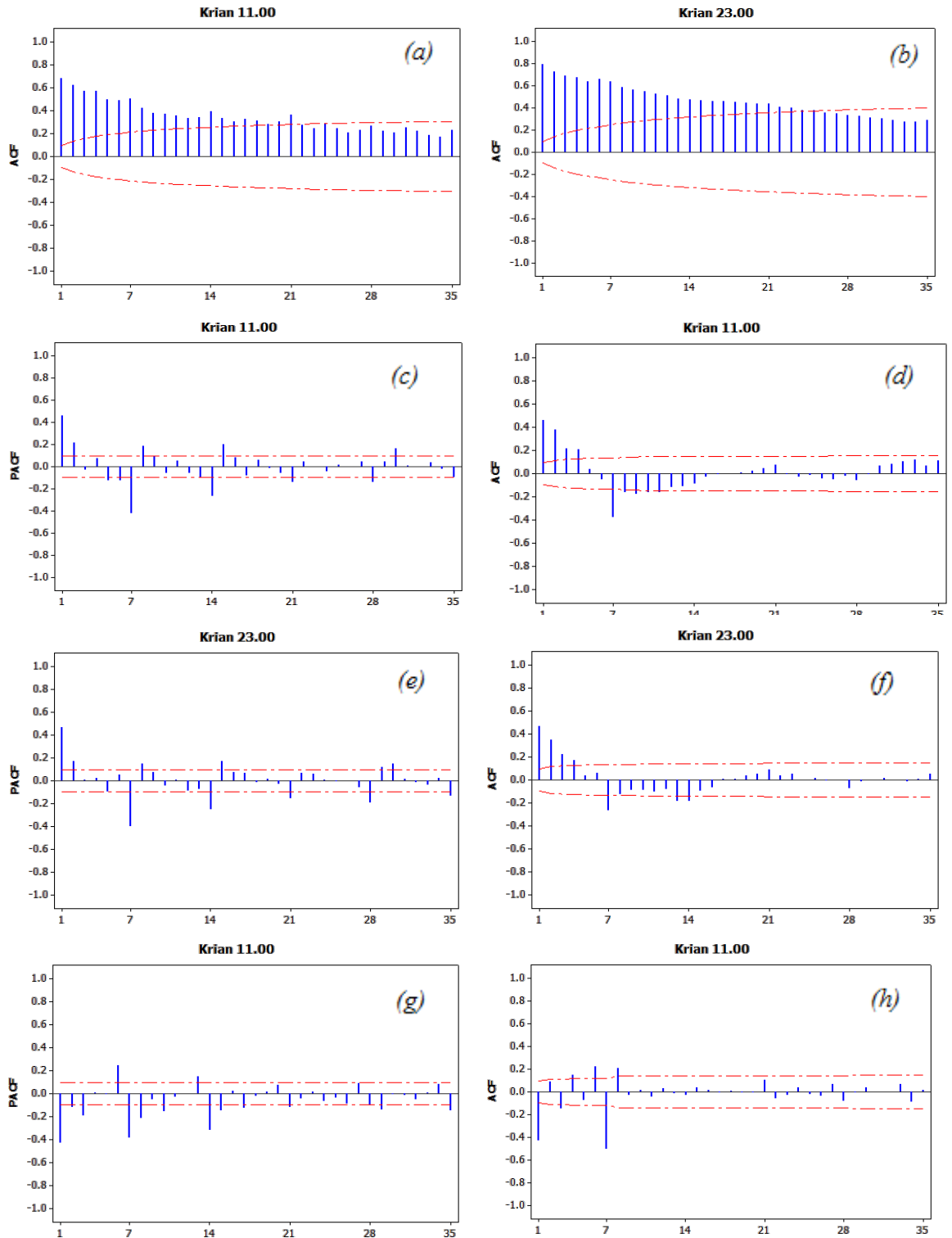
05.30 (a), Kediri 18.30 (b), Krian 11.00 (c), Krian 23.00 (d), Krian-Gresik 15.00 (e), Krian-Gresik 22.30 (f), Ngimbang 19.30 (g), Ngimbang 22.30 (h),
Paiton 18.30 (i), dan Paiton 22.30 (j).



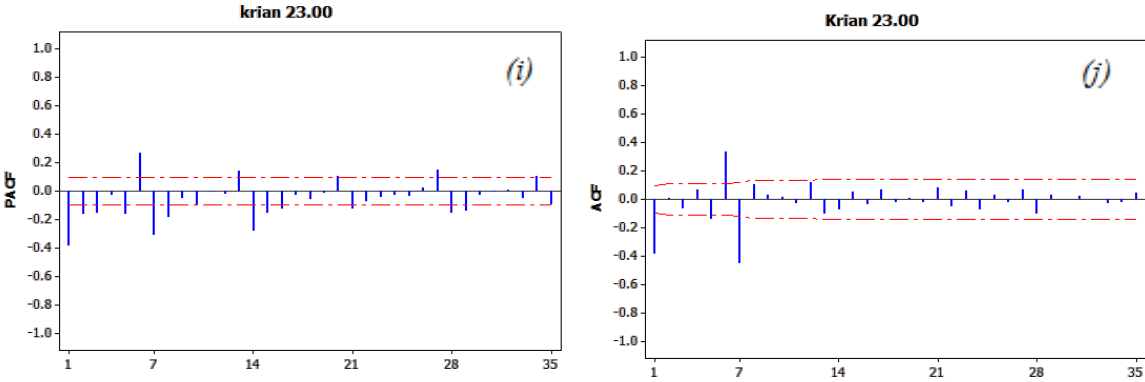
Lampiran 13: Lanjutan



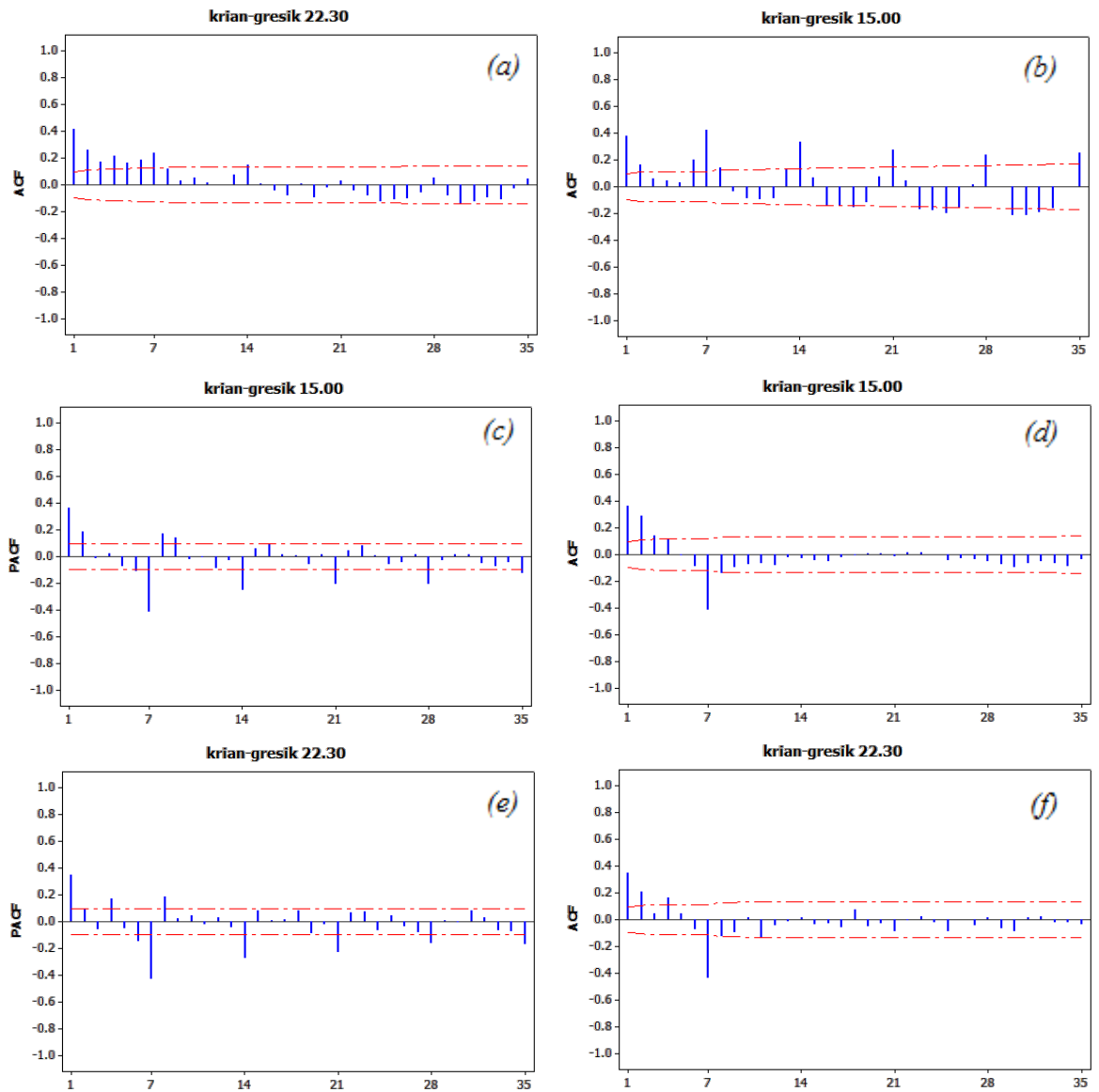
Lampiran 14: Plot ACF Krian 11.00 (a), ACF Krian 23.00 (b), PACF Krian 11.00 *differencing 7* (c), ACF Krian 11.00 *differencing 7* (d), PACF Krian 23.00 *differencing 7* (e), ACF Krian 23.00 *differencing 7* (f), PACF Krian 11.00 *differencing 7 dan 1* (g), ACF Krian 11.00 *differencing 7 dan 1* (h), PACF Krian 23.00 *differencing 7 dan 1* (i), ACF Krian 23.00 *differencing 7 dan 1* (j)



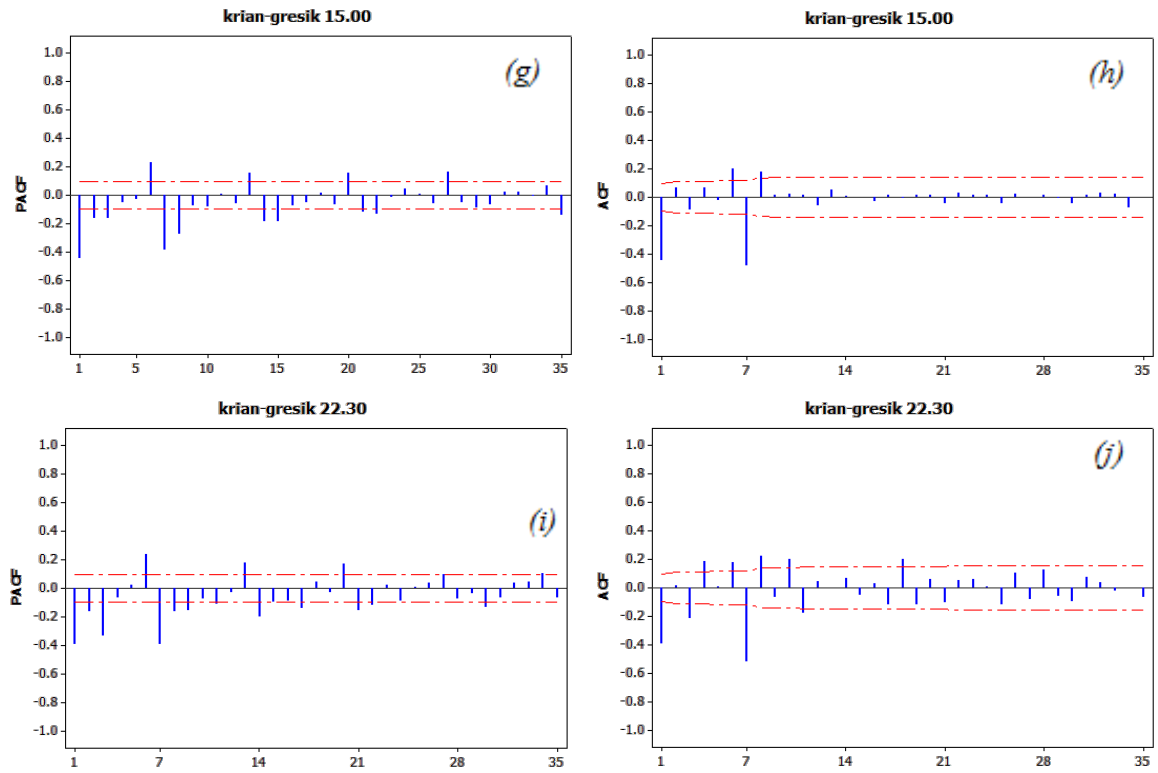
Lampiran 14: Lanjutan



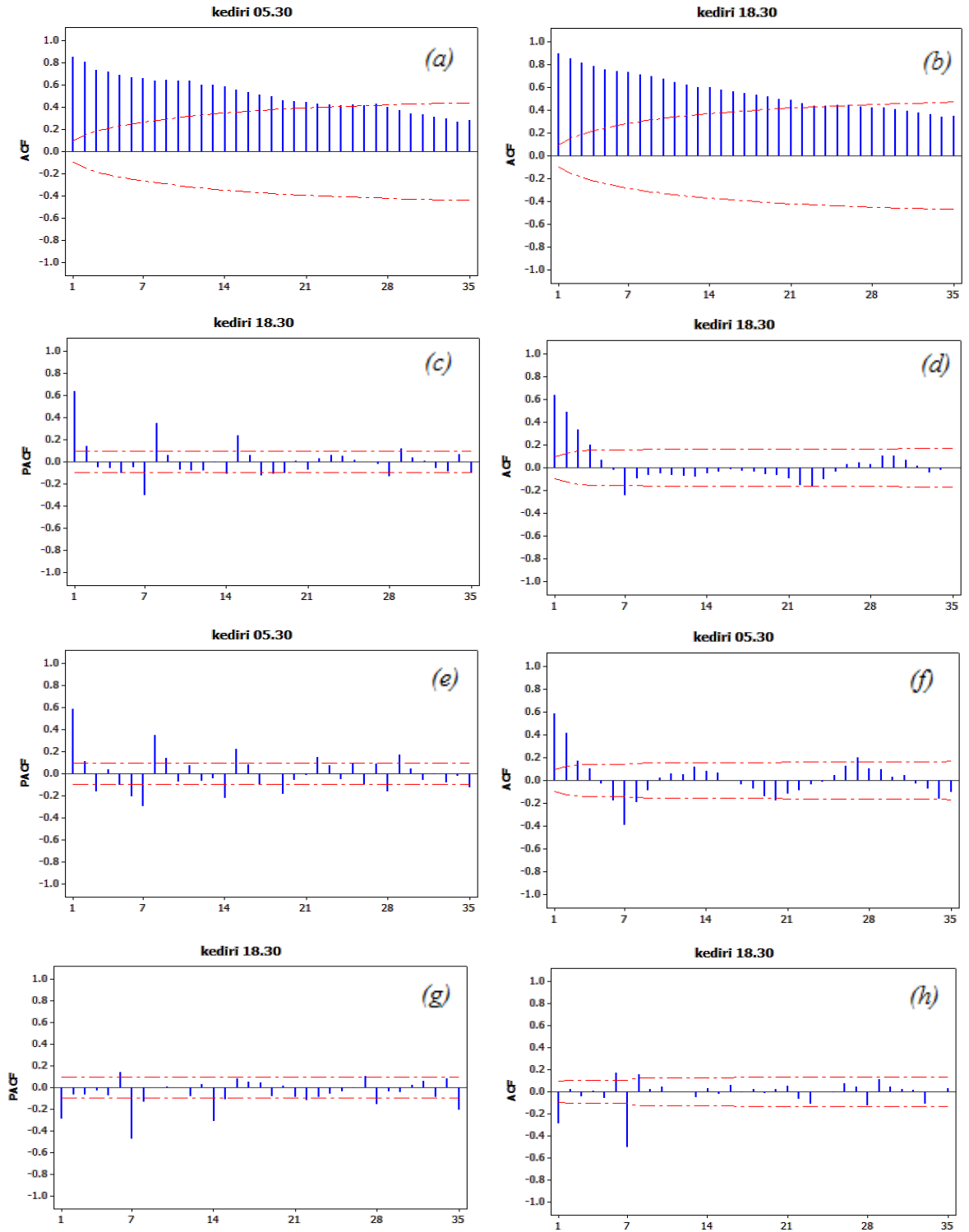
Lampiran 15: Plot ACF Krian-Gresik 22.30 (a), ACF Krian-Gresik 15.00 (b), PACF Krian-Gresik 15.00 *differencing* 7 (c), ACF Krian-Gresik 15.00 *differencing* 7 (d), PACF Krian-Gresik 22.30 *differencing* 7 (e), ACF Krian - Gresik 22.30 *differencing* 7 (f), PACF Krian-Gresik 15.00 *differencing* 7 dan 1 (g), ACF Krian-Gresik 15.00 *differencing* 7 dan 1 (h), PACF Krian - Gresik 22.30 *differencing* 7 dan 1 (i), ACF Krian - Gresik 22.30 *differencing* 7 dan 1 (j)



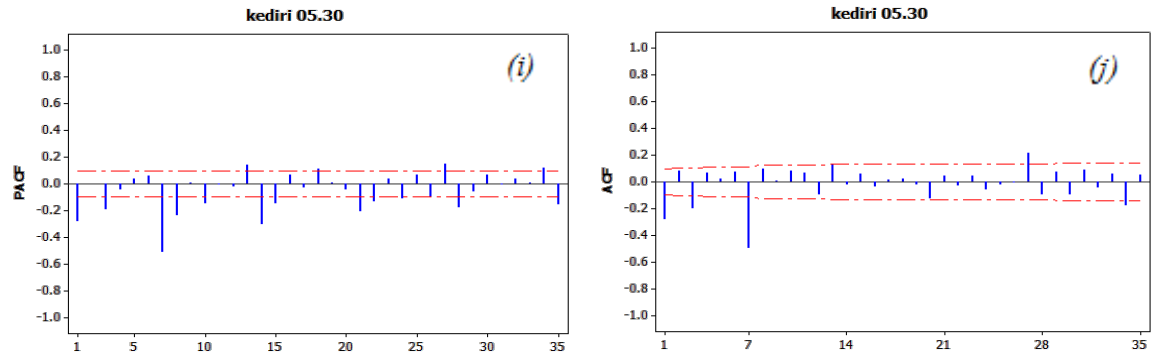
Lampiran 15: Lanjutan



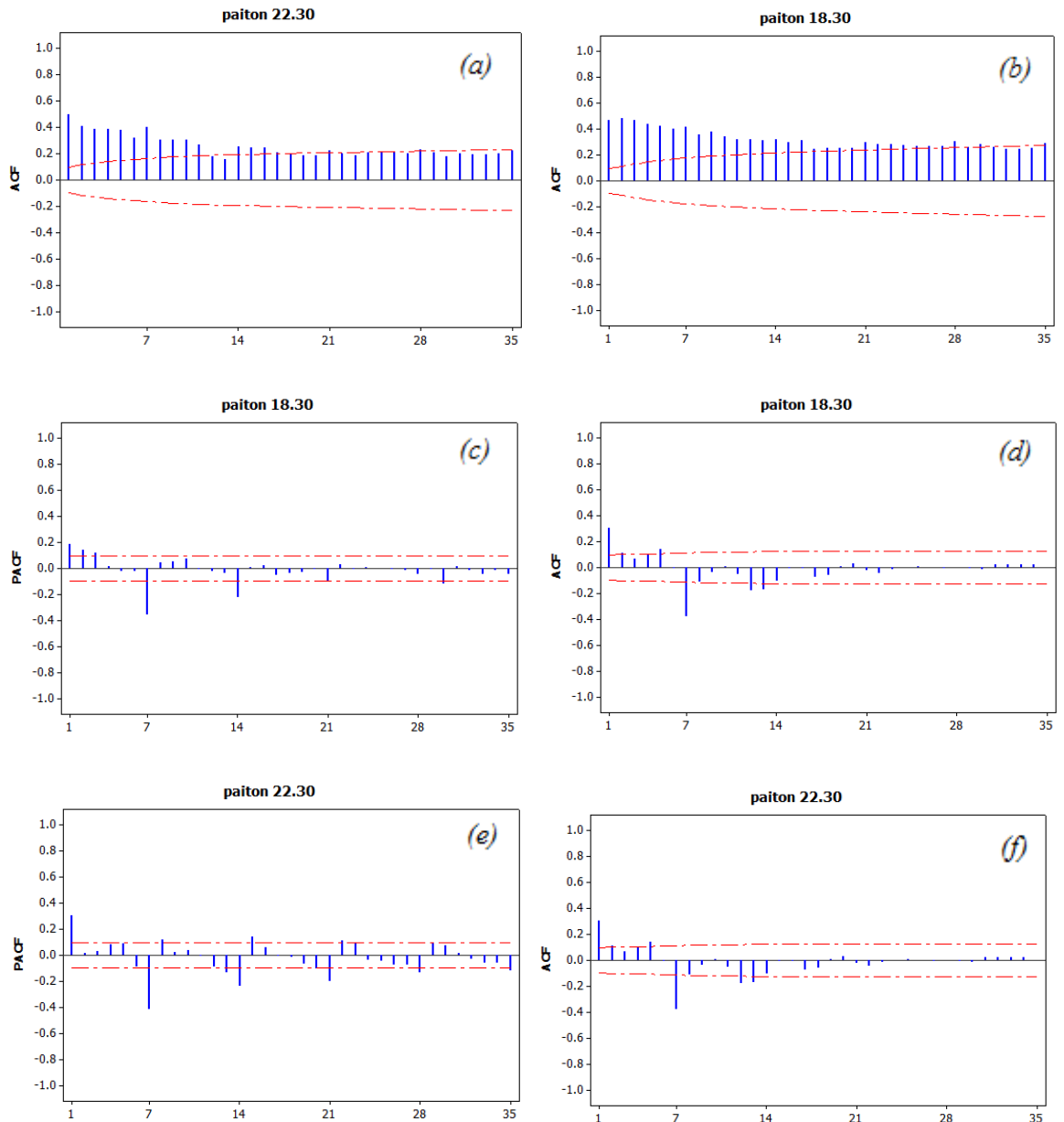
Lampiran 16: Plot ACF dan PACF Subsystem Kediri 05.30 (a), ACF Kediri 18.30 (b), PACF Kediri 18.30 *differencing 7* (c), ACF Kediri 18.30 *differencing 7* (d), PACF Kediri 05.30 *differencing 7* (e), Kediri 05.30 *differencing 7* (f), PACF Kediri 18.30 *differencing 7 dan 1* (g), ACF Kediri 18.30 *differencing 7 dan 1* (h), PACF Kediri 05.30 *differencing 7 dan 1* (i), ACF Kediri 05.30 *differencing 7 dan 1* (j)



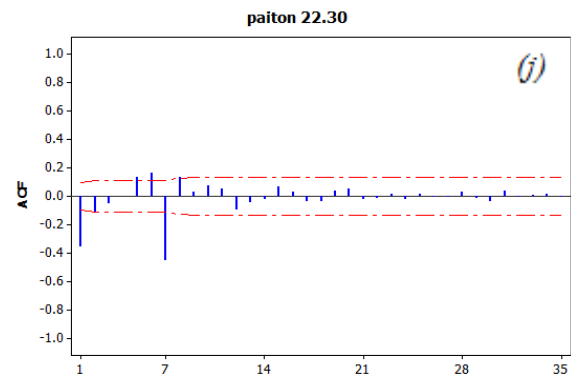
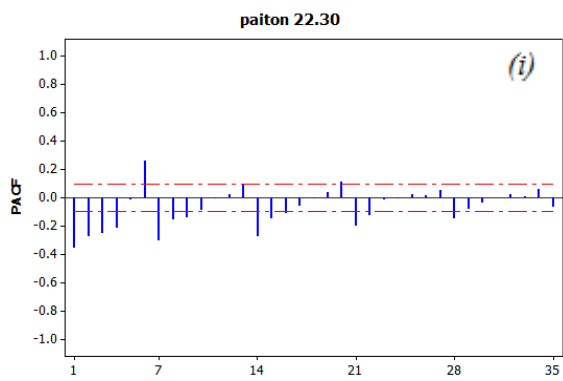
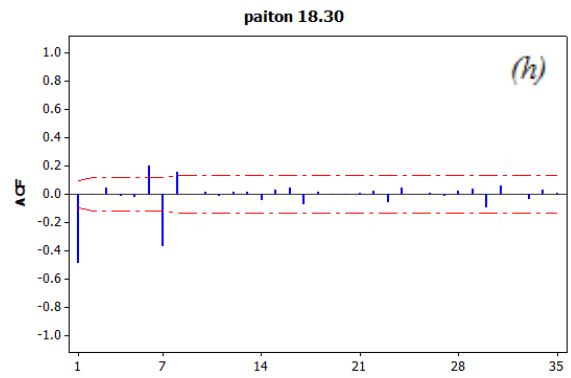
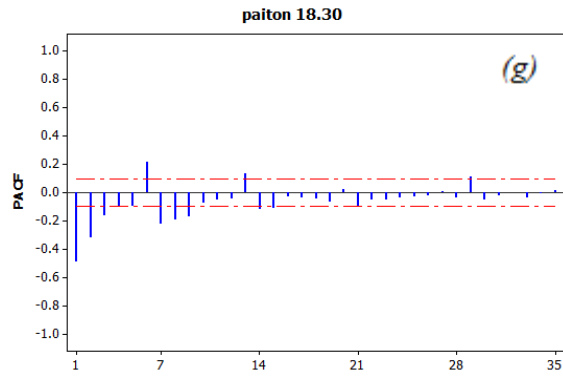
Lampiran 16: Lanjutan



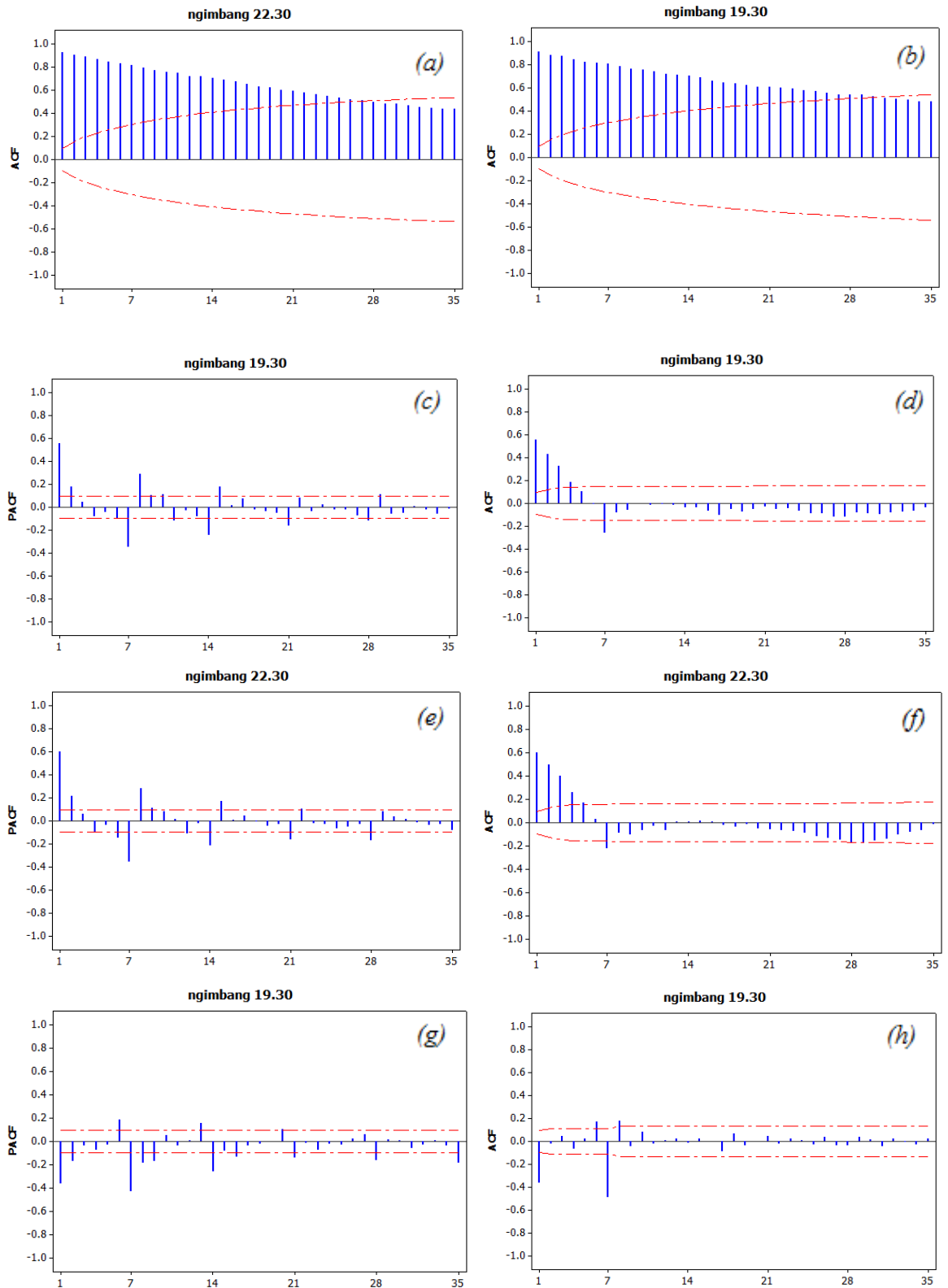
Lampiran 17: Plot ACF dan PACF Subsistem Paiton 22.30 (a), ACF Kediri 18.30 (b), PACF Paiton 18.30 *differencing* 7 (c), ACF Paiton 18.30 *differencing* 7 (d), PACF Paiton 22.30 *differencing* 7 (e), ACF Paiton 22.30 *differencing* 7 (f), PACF Paiton 18.30 *differencing* 7 dan 1 (g), ACF Paiton 18.30 *differencing* 7 dan 1 (h), PACF Paiton 22.30 *differencing* 7 dan 1 (i), ACF Paiton 22.30 *differencing* 7 dan 1 (j)



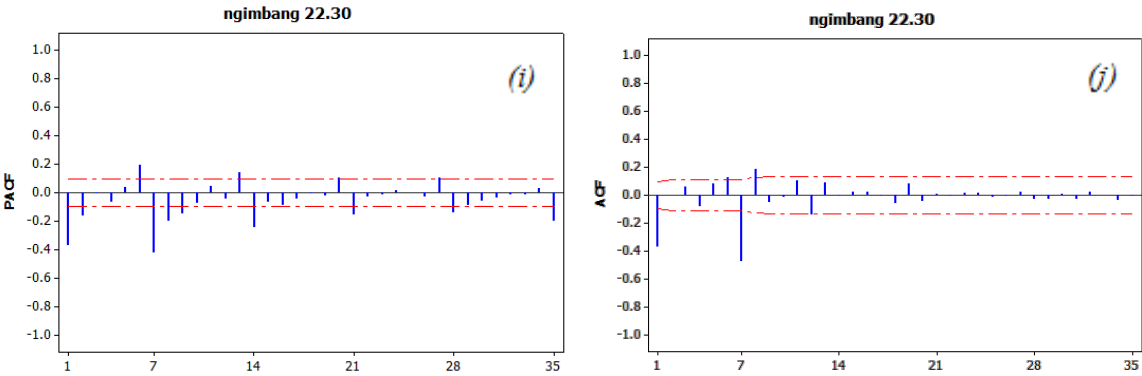
Lampiran 17: Lanjutan



Lampiran 18: Plot ACF dan PACF Subsistem Ngimbang 22.30 (a), ACF Ngimbang 19.30 (b), PACF Ngimbang 19.30 *differencing 7* (c), ACF Ngimbang 19.30 *differencing 7* (d), PACF Ngimbang 22.30 *differencing 7* (e), ACF Ngimbang 22.30 *differencing 7* (f), PACF Ngimbang 19.30 *differencing 7* dan 1 (g), ACF Ngimbang 19.30 *differencing 7* dan 1 (h), PACF Ngimbang 22.30 *differencing 7* dan 1 (i), ACF Ngimbang 22.30 *differencing 7* dan 1 (j)



Lampiran 18: Lanjutan



Lampiran 19: Hasil uji signifikansi parameter pendugaan model ARIMA

| Subsitem | Model | Model ARIMA | Parameter | Estimasi | <i>S.E</i> | <i>p-value</i> |
|--------------|-------|-----------------------------------|---------------|----------|------------|----------------|
| Ngimbang | 19.30 | $(0, 1, 1) (0, 1, 1)^7$ | θ_1 | 0,494 | 0,042 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,906 | 0,022 | <,0001 |
| | 22.30 | $(0, 1, 1) (0, 1, 1)^7$ | θ_1 | 0,469 | 0,043 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,874 | 0,023 | <,0001 |
| Paiton | 18.30 | $(0, 1, 1) (0, 1, 1)^7$ | θ_1 | 0,670 | 0,037 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,796 | 0,034 | <,0001 |
| | 22.30 | $(0, 1, [1, 12, 16]) (0, 1, 1)^7$ | θ_1 | 0,648 | 0,037 | <,0001 |
| | | | θ_{12} | 0,107 | 0,039 | <,0001 |
| | | | θ_{16} | -0,096 | 0,037 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,845 | 0,026 | <,0001 |
| Kediri | 18.30 | $(0, 1, 1) (0, 1, 1)^7$ | θ_1 | 0,384 | 0,045 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,830 | 0,028 | <,0001 |
| | 05.30 | $(0, 1, 1) (0, 1, 1)^7$ | θ_1 | 0,328 | 0,046 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,867 | 0,024 | <,0001 |
| Krian | 23.00 | $(0, 1, [1, 6]) (0, 1, 1)^7$ | θ_1 | 0,490 | 0,042 | <,0001 |
| | | | θ_6 | -0,131 | 0,042 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,913 | 0,020 | <,0001 |
| | 11.00 | $(0, 1, 1) (0, 1, 1)^7$ | ϕ_1 | 0,477 | 0,043 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,863 | 0,024 | <,0001 |
| Krian-Gresik | 15.00 | $(0, 1, 1) (0, 1, 1)^7$ | θ_2 | 0,519 | 0,042 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,841 | 0,027 | <,0001 |
| | 22.30 | $(0, 1, 1) (0, 1, 1)^7$ | θ_1 | 0,591 | 0,040 | <,0001 |
| | | | Θ_1 | 0,866 | 0,024 | <,0001 |

Lampiran 20: Hasil pengujian asumsi residual pendugaan model ARIMA di setiap subsistem

| Subsistem Krian Pukul 11.00 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
|---------------------------------------------------------------------|------------|----|---------|----------------|
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 7,68 | 4 | 0,10 | <0,0100 |
| 12 | 10,97 | 10 | 0,35 | |
| 18 | 14,17 | 16 | 0,58 | |
| 24 | 21,47 | 22 | 0,49 | |
| 30 | 24,5 | 28 | 0,65 | |
| 36 | 38,67 | 34 | 0,26 | |
| Subsistem Krian Pukul 23.00 (0, 1, [1, 6]) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 5,17 | 3 | 0,15 | <0,0100 |
| 12 | 8,87 | 9 | 0,44 | |
| 18 | 13,23 | 15 | 0,58 | |
| 24 | 17,92 | 21 | 0,65 | |
| 30 | 20,33 | 27 | 0,81 | |
| 36 | 23,43 | 33 | 0,89 | |
| Subsistem Krian-Gresik Pukul 15.00 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 3,57 | 4 | 0,46 | <0,0100 |
| 12 | 6,43 | 10 | 0,77 | |
| 18 | 12,6 | 16 | 0,70 | |
| 24 | 20,72 | 22 | 0,53 | |
| 30 | 24,61 | 28 | 0,64 | |
| 36 | 30,21 | 34 | 0,65 | |
| Subsistem Krian-Gresik Pukul 22.30 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 8,57 | 4 | 0,07 | <0,0100 |
| 12 | 14,60 | 10 | 0,14 | |
| 18 | 31,26 | 16 | 0,05 | |
| 24 | 34,40 | 22 | 0,05 | |
| 30 | 38,34 | 28 | 0,09 | |
| 36 | 42,90 | 34 | 0,14 | |
| Subsistem Ngimbang Pukul 19.30 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 4,01 | 4 | 0,40 | <0,0100 |
| 12 | 6,25 | 10 | 0,79 | |
| 18 | 12,4 | 16 | 0,71 | |
| 24 | 18,86 | 22 | 0,65 | |
| 30 | 28,28 | 28 | 0,44 | |
| 36 | 32,37 | 34 | 0,54 | |
| Subsistem Ngimbang Pukul 22.30 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 2,26 | 4 | 0,68 | <0,0100 |
| 12 | 11,77 | 10 | 0,30 | |
| 18 | 15,02 | 16 | 0,52 | |
| 24 | 15,95 | 22 | 0,81 | |
| 30 | 22,92 | 28 | 0,73 | |
| 36 | 25,35 | 34 | 0,85 | |

Lampiran 20: Lanjutan

| Subsistem Paiton Pukul 18.30 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|----|---------|----------------|
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 2,87 | 4 | 0,580 | <0,0100 |
| 12 | 4,15 | 10 | 0,940 | |
| 18 | 8,68 | 16 | 0,925 | |
| 24 | 11,33 | 22 | 0,969 | |
| 30 | 13,18 | 28 | 0,992 | |
| 36 | 14,85 | 34 | 0,998 | |
| Subsistem Paiton Pukul 22.30 (0, 1, [1, 12, 16]) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 4,71 | 2 | 0,094 | <0,0100 |
| 12 | 11,41 | 8 | 0,193 | |
| 18 | 17,09 | 14 | 0,251 | |
| 24 | 19,30 | 20 | 0,502 | |
| 30 | 19,57 | 26 | 0,811 | |
| 36 | 21,38 | 32 | 0,923 | |
| Subsistem Kediri Pukul 18.30 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 8,35 | 4 | 0,07 | <0,0100 |
| 12 | 11,99 | 10 | 0,28 | |
| 18 | 15,26 | 16 | 0,50 | |
| 24 | 26,04 | 22 | 0,25 | |
| 30 | 39,16 | 28 | 0,07 | |
| 36 | 43,75 | 34 | 0,12 | |
| Subsistem Kediri Pukul 05.30 (0, 1, [1, 2]) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 1,86 | 3 | 0,39 | <0,0100 |
| 12 | 12,90 | 9 | 0,11 | |
| 18 | 17,21 | 15 | 0,24 | |
| 24 | 20,17 | 21 | 0,44 | |
| 30 | 34,93 | 27 | 0,11 | |
| 36 | 45,00 | 33 | 0,06 | |

Lampiran 21: Hasil uji signifikansi model ARIMA di setiap subsistem dengan penambahan *outlier*

| ARIMA (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ untuk subsistem Ngimbang 19.30 | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|----------------|----------------|
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | θ_1 | 0,502 | <0,0001 | - |
| - | Θ_1 | 0,956 | <0,0001 | - |
| 378 | $\tilde{\omega}_1$ | 66,411 | <0,0001 | <i>LS</i> |
| 380 | $\tilde{\omega}_2$ | -56,318 | 0,0007 | <i>LS</i> |
| 371 | $\tilde{\omega}_3$ | 51,029 | 0,0016 | <i>AO</i> |
| 20 | $\tilde{\omega}_4$ | -54,178 | 0,0012 | <i>AO</i> |
| 212 | $\tilde{\omega}_5$ | -47,853 | 0,0029 | <i>AO</i> |
| ARIMA (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ untuk subsistem Ngimbang 22.30 | | | | |
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | θ_1 | 0,444 | <0,0001 | - |
| - | Θ_1 | 0,999 | 0,9102 | - |
| 378 | $\tilde{\omega}_1$ | 47,730 | 0,0013 | <i>LS</i> |
| 346 | $\tilde{\omega}_2$ | 41,413 | 0,0054 | <i>LS</i> |
| 352 | $\tilde{\omega}_3$ | -4,833 | 0,0030 | <i>AO</i> |
| 217 | $\tilde{\omega}_4$ | 40,865 | 0,0061 | <i>LS</i> |
| 120 | $\tilde{\omega}_5$ | 42,537 | 0,0042 | <i>LS</i> |
| ARIMA (0, 1, [1, 2, 3]) (0, 1, 1) ⁷ untuk subsistem Paiton 18.30 | | | | |
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | θ_1 | 0,476 | <0,0001 | - |
| - | θ_2 | 0,192 | 0,0004 | - |
| - | θ_3 | 0,142 | 0,0047 | - |
| - | Θ_1 | 0,960 | <0,0001 | - |
| 77 | $\tilde{\omega}_1$ | -203,245 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| 371 | $\tilde{\omega}_2$ | 113,817 | <0,0001 | <i>LS</i> |
| 99 | $\tilde{\omega}_3$ | -136,137 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| ARIMA (0, 1, [1, 18]) (0, 1, 1) ⁷ untuk subsistem Paiton 22.30 | | | | |
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | θ_1 | 0,554 | <0,0001 | - |
| - | θ_{18} | -0,087 | 0,0372 | - |
| - | Θ_1 | 0,993 | <0,0001 | - |
| 27 | $\tilde{\omega}_1$ | -328,512 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| 1 | $\tilde{\omega}_2$ | -345,273 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| 209 | $\tilde{\omega}_3$ | -195,264 | <0,0001 | <i>LS</i> |
| 161 | $\tilde{\omega}_4$ | -249,439 | <0,0001 | <i>AO</i> |

Lampiran 21: Lanjutan

| ARIMA (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ untuk subsistem Kediri 18.30 | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|----------------|----------------|
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | θ_1 | 0,243 | <0,0001 | - |
| - | Θ_1 | 0,918 | <0,0001 | - |
| 110 | $\tilde{\omega}_1$ | 230,189 | <0,0001 | <i>LS</i> |
| 326 | $\tilde{\omega}_2$ | 215,472 | <0,0001 | <i>LS</i> |
| 9 | $\tilde{\omega}_3$ | -225,753 | <0,0001 | <i>LS</i> |
| 80 | $\tilde{\omega}_4$ | -207,216 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| 254 | $\tilde{\omega}_5$ | -209,086 | 0,0002 | <i>LS</i> |
| ARIMA (0, 1, [1, 2]) (0, 1, 1) ⁷ untuk subsistem Kediri 05.30 | | | | |
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | θ_1 | 0,196 | <0,0001 | - |
| - | θ_2 | 0,239 | <0,0001 | - |
| - | Θ_1 | 0,977 | <0,0001 | - |
| 326 | $\tilde{\omega}_1$ | 223,179 | <0,0001 | <i>LS</i> |
| 92 | $\tilde{\omega}_2$ | -252,375 | <0,0001 | <i>LS</i> |
| 209 | $\tilde{\omega}_3$ | 225,298 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| 233 | $\tilde{\omega}_4$ | 168,285 | 0,0033 | <i>LS</i> |
| ARIMA ([1, 2, 14, 28], 1, 0) (1, 1, 0) ⁷ untuk subsistem Krian 11.00 | | | | |
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | ϕ_1 | -0,341 | <0,0001 | - |
| - | ϕ_2 | -0,118 | 0,0095 | - |
| - | ϕ_{14} | -0,451 | <0,0001 | - |
| - | ϕ_{28} | 0,290 | <0,0001 | - |
| - | Φ_1 | -0,677 | <0,0001 | - |
| 209 | $\tilde{\omega}_1$ | -96,333 | 0,004 | <i>LS</i> |
| 147 | $\tilde{\omega}_2$ | -92,392 | <0,0001 | <i>AO</i> |
| ARIMA (1, 1, [2]) (0, 1, 1) ⁷ untuk subsistem Krian 23.00 | | | | |
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | θ_2 | 0,200 | 0,0003 | - |
| - | ϕ_1 | 0,991 | <0,0001 | - |
| - | Θ_1 | -0,504 | <0,0001 | - |
| 103 | $\tilde{\omega}_1$ | 78,092 | <0,0001 | <i>LS</i> |
| 121 | $\tilde{\omega}_2$ | -72,354 | 0,0002 | <i>AO</i> |
| 31 | $\tilde{\omega}_3$ | -74,442 | 0,0002 | <i>AO</i> |
| 64 | $\tilde{\omega}_4$ | -65,936 | 0,0008 | <i>LS</i> |

Lampiran 21: Lanjutan

| ARIMA ([1, 14], 1, [2]) (1, 1, 0) ⁷ untuk subsistem Krian-Gresik 15.00 | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|----------------|----------------|
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | θ_2 | 0,255 | <0,0001 | - |
| - | ϕ_1 | -0,352 | <0,0001 | - |
| - | ϕ_{14} | -0,342 | <0,0001 | - |
| - | Φ_1 | -0,694 | <0,0001 | - |
| 1 | $\tilde{\omega}_1$ | -569,897 | <0,0001 | AO |
| 107 | $\tilde{\omega}_2$ | -363,172 | 0,0003 | AO |
| 216 | $\tilde{\omega}_3$ | -566,255 | <0,0001 | AO |
| ARIMA (0, 1, [1, 3]) (0, 1, 1) ⁷ untuk subsistem Krian-Gresik 22.30 | | | | |
| Data ke- | Parameter | Estimasi | <i>P-value</i> | <i>Outlier</i> |
| - | θ_1 | 0,567 | <0,0001 | - |
| - | θ_3 | 0,133 | 0,0028 | - |
| - | Θ_1 | 0,948 | <0,0001 | - |
| 1 | $\tilde{\omega}_1$ | -480,479 | <0,0001 | AO |
| 99 | $\tilde{\omega}_2$ | -433,344 | <0,0001 | AO |
| 209 | $\tilde{\omega}_3$ | -341,912 | <0,0001 | LS |
| 190 | $\tilde{\omega}_4$ | -374,595 | <0,0001 | AO |

Lampiran 22: Hasil pengujian asumsi residual model ARIMA dengan *outlier*
disetiap subsistem

| Subsistem Krian Pukul 11.00 ([1, 2, 14, 28], 1, 0) (1, 1, 0) ⁷ | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|----|---------|----------------|
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 3,40 | 1 | 0,065 | >0,1500 |
| 12 | 9,66 | 7 | 0,208 | |
| 18 | 14,83 | 13 | 0,318 | |
| 24 | 16,73 | 19 | 0,608 | |
| 30 | 32,93 | 25 | 0,132 | |
| 36 | 48,75 | 31 | 0,052 | |
| Subsistem Krian Pukul 23.00 (1, 1, [2]) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 6,24 | 3 | 0,100 | <0,0100 |
| 12 | 9,91 | 9 | 0,357 | |
| 18 | 12,21 | 15 | 0,663 | |
| 24 | 19,95 | 21 | 0,524 | |
| 30 | 23,50 | 27 | 0,657 | |
| 36 | 28,18 | 33 | 0,705 | |
| Subsistem Krian-Gresik Pukul 15.00 ([1, 14], 1, [2]) (1, 1, 0) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 4,61 | 2 | 0,099 | <0,0100 |
| 12 | 11,66 | 8 | 0,166 | |
| 18 | 20,38 | 14 | 0,118 | |
| 24 | 23,98 | 20 | 0,243 | |
| 30 | 47,84 | 26 | 0,056 | |
| 36 | 55,34 | 32 | 0,065 | |
| Subsistem Krian-Gresik Pukul 22.30 (0, 1, [1, 3]) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 4,44 | 3 | 0,218 | >0,1500 |
| 12 | 9,57 | 9 | 0,386 | |
| 18 | 15,58 | 15 | 0,410 | |
| 24 | 17,32 | 21 | 0,691 | |
| 30 | 23,86 | 27 | 0,638 | |
| 36 | 31,15 | 33 | 0,559 | |
| Subsistem Ngimbang Pukul 19.30 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 4,15 | 4 | 0,386 | <0,1202 |
| 12 | 11,28 | 10 | 0,336 | |
| 18 | 16,90 | 16 | 0,391 | |
| 24 | 24,06 | 22 | 0,344 | |
| 30 | 29,75 | 28 | 0,375 | |
| 36 | 35,32 | 34 | 0,409 | |
| Subsistem Ngimbang Pukul 22.30 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 5,56 | 4 | 0,234 | >0,1500 |
| 12 | 10,86 | 10 | 0,368 | |
| 18 | 18,81 | 16 | 0,278 | |
| 24 | 25,09 | 22 | 0,292 | |
| 30 | 35,33 | 28 | 0,160 | |
| 36 | 39,60 | 34 | 0,234 | |

Lampiran 22: Lanjutan

| Subsistem Paiton Pukul 18.30 (0, 1, [1, 2, 3]) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|----|---------|----------------|
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 5,94 | 2 | 0,064 | <0,0100 |
| 12 | 10,53 | 8 | 0,230 | |
| 18 | 22,84 | 14 | 0,062 | |
| 24 | 25,51 | 20 | 0,182 | |
| 30 | 29,74 | 26 | 0,278 | |
| 36 | 32,84 | 32 | 0,425 | |
| Subsistem Paiton Pukul 22.30 (0, 1, [1, 18]) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 7,15 | 3 | 0,067 | <0,0100 |
| 12 | 16,29 | 9 | 0,061 | |
| 18 | 21,36 | 15 | 0,125 | |
| 24 | 32,12 | 21 | 0,057 | |
| 30 | 39,24 | 27 | 0,060 | |
| 36 | 46,11 | 33 | 0,064 | |
| Subsistem Kediri Pukul 18.30 (0, 1, 1) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 2,94 | 4 | 0,563 | <0,0100 |
| 12 | 4,20 | 10 | 0,938 | |
| 18 | 16,98 | 16 | 0,387 | |
| 24 | 23,36 | 22 | 0,381 | |
| 30 | 24,98 | 28 | 0,629 | |
| 36 | 32,11 | 34 | 0,560 | |
| Subsistem Kediri Pukul 05.30 (0, 1, [1, 2]) (0, 1, 1) ⁷ | | | | |
| Uji White Noise | | | | Uji Normalitas |
| Hingga lag ke- | Chi square | df | p-value | p-value |
| 6 | 6,51 | 3 | 0,089 | <0,0100 |
| 12 | 16,43 | 9 | 0,058 | |
| 18 | 20,29 | 15 | 0,161 | |
| 24 | 24,80 | 21 | 0,255 | |
| 30 | 28,04 | 27 | 0,408 | |
| 36 | 33,92 | 33 | 0,423 | |

Lampiran 23: Hasil ramalan data *out sample* dengan model ARIMA untuk
subsistem Ngimbang

| Tanggal | 13.30 | | 19.30 | | 22.30 | |
|------------|--------|----------|--------|---------|--------|---------|
| | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan |
| 2015-03-01 | 410,82 | 407,56 | 457,14 | 486,92 | 435,60 | 434,04 |
| 2015-03-02 | 426,19 | 450,98 | 494,4 | 492,45 | 448,82 | 440,98 |
| 2015-03-03 | 457,03 | 460,10 | 495,22 | 502,90 | 462,15 | 450,38 |
| 2015-03-04 | 471,52 | 454,12 | 468,93 | 503,94 | 444,26 | 449,52 |
| 2015-03-05 | 419,90 | 449,08 | 479,06 | 500,78 | 447,93 | 449,45 |
| 2015-03-06 | 416,60 | 456,14 | 493,28 | 499,24 | 445,33 | 448,50 |
| 2015-03-07 | 425,13 | 441,61 | 483,44 | 497,99 | 451,04 | 446,34 |
| 2015-03-08 | 392,87 | 409,65 | 481,05 | 488,23 | 425,44 | 435,59 |
| 2015-03-09 | 446,65 | 453,07 | 499,74 | 493,77 | 424,65 | 442,53 |
| 2015-03-10 | 421,45 | 462,19 | 493,57 | 504,21 | 435,67 | 451,93 |
| 2015-03-11 | 470,56 | 456,21 | 514,64 | 505,26 | 456,73 | 451,07 |
| 2015-03-12 | 425,88 | 451,17 | 486,13 | 502,10 | 431,69 | 451,00 |
| 2015-03-13 | 446,28 | 458,23 | 494,06 | 500,56 | 432,75 | 450,05 |
| 2015-03-14 | 411,87 | 443,69 | 462,53 | 499,30 | 410,42 | 447,89 |
| 2015-03-15 | 405,80 | 411,74 | 432,77 | 489,55 | 385,60 | 437,14 |
| 2015-03-16 | 422,53 | 455,16 | 477,81 | 495,08 | 409,47 | 444,07 |
| 2015-03-17 | 443,87 | 464,28 | 478,21 | 505,53 | 419,71 | 453,48 |
| 2015-03-18 | 452,76 | 458,30 | 509,32 | 506,58 | 446,78 | 452,62 |
| 2015-03-19 | 416,31 | 453,26 | 484,09 | 503,42 | 436,99 | 452,55 |
| 2015-03-20 | 405,40 | 460,32 | 467,65 | 501,88 | 433,54 | 451,60 |
| 2015-03-21 | 404,15 | 445,78 | 468,74 | 500,62 | 420,60 | 449,44 |
| 2015-03-22 | 378,16 | 413,83 | 446,10 | 490,87 | 391,77 | 438,69 |
| 2015-03-23 | 400,18 | 457,25 | 479,25 | 496,40 | 431,09 | 445,62 |
| 2015-03-24 | 460,90 | 466,37 | 508,65 | 506,85 | 453,73 | 455,03 |
| 2015-03-25 | 451,41 | 460,39 | 513,86 | 507,90 | 450,26 | 454,17 |
| 2015-03-26 | 451,04 | 455,35 | 524,89 | 504,73 | 451,61 | 454,10 |
| 2015-03-27 | 427,05 | 462,4173 | 510,59 | 503,19 | 459,91 | 453,15 |
| 2015-03-28 | 441,55 | 447,8795 | 495,31 | 501,94 | 446,58 | 450,99 |
| 2015-03-29 | 384,72 | 415,9292 | 468,92 | 492,18 | 420,58 | 440,24 |
| 2015-03-30 | 387,33 | 459,3453 | 454,61 | 497,72 | 416,23 | 447,17 |
| 2015-03-31 | 411,29 | 468,4641 | 451,23 | 508,17 | 409,46 | 456,58 |

Lampiran 24: Hasil ramalan data *out sample* dengan model ARIMA untuk
subsistem Paiton

| Tanggal | 13.30 | | 18.30 | | 22.30 | |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan |
| 2015-03-01 | 1062,54 | 1122,20 | 1421,85 | 1329,33 | 577,54 | 663,31 |
| 2015-03-02 | 1267,43 | 1345,44 | 1557,3 | 1418,50 | 1316,26 | 1322,39 |
| 2015-03-03 | 1271,84 | 1367,52 | 1561,59 | 1133,54 | 1324,79 | 1376,80 |
| 2015-03-04 | 1255,07 | 1361,49 | 1521,18 | 1428,57 | 1279 | 1377,46 |
| 2015-03-05 | 1293,41 | 1326,41 | 1543,08 | 1398,69 | 1348,23 | 1350,01 |
| 2015-03-06 | 1208,94 | 1342,27 | 1516,02 | 1412,11 | 1310,98 | 1356,21 |
| 2015-03-07 | 1238,36 | 1251,11 | 1447,51 | 1343,50 | 1268,9 | 1301,67 |
| 2015-03-08 | 1082,71 | 1123,54 | 1425,84 | 1300,24 | 1246,89 | 1326,96 |
| 2015-03-09 | 1279,32 | 1346,78 | 1554,92 | 1389,41 | 1350,91 | 1393,39 |
| 2015-03-10 | 1303,61 | 1368,85 | 1566,42 | 1104,45 | 1376,34 | 1394,05 |
| 2015-03-11 | 1274,9 | 1362,83 | 1539,67 | 1399,48 | 1364,25 | 1404,16 |
| 2015-03-12 | 1292,12 | 1327,75 | 1537,31 | 1369,60 | 1328,7 | 1398,99 |
| 2015-03-13 | 1330,91 | 1343,61 | 1580,69 | 1383,02 | 1315,79 | 1394,12 |
| 2015-03-14 | 1242,02 | 1252,45 | 1462,64 | 1314,41 | 1238,47 | 1352,70 |
| 2015-03-15 | 1066,87 | 1124,87 | 1468,56 | 1271,15 | 1210,97 | 1330,97 |
| 2015-03-16 | 1335,19 | 1348,12 | 1609,09 | 1360,32 | 1324,31 | 1406,67 |
| 2015-03-17 | 1336,34 | 1370,19 | 1605,6 | 1075,36 | 1310,05 | 1409,65 |
| 2015-03-18 | 1370,36 | 1364,17 | 1609,65 | 1370,39 | 1344,7 | 1414,61 |
| 2015-03-19 | 1363,95 | 1329,09 | 1608,89 | 1340,51 | 1346,46 | 1408,88 |
| 2015-03-20 | 1326,42 | 1344,95 | 1577,56 | 1353,93 | 1331,73 | 1405,93 |
| 2015-03-21 | 1211,27 | 1253,79 | 1510,92 | 1285,32 | 1272,21 | 1362,63 |
| 2015-03-22 | 1219,39 | 1126,21 | 1546,87 | 1242,06 | 1287,15 | 1336,40 |
| 2015-03-23 | 1418,19 | 1349,46 | 1670,89 | 1331,23 | 1419,38 | 1411,08 |
| 2015-03-24 | 1435,09 | 1371,53 | 1613,41 | 1046,27 | 1431,89 | 1411,82 |
| 2015-03-25 | 1400,71 | 1365,51 | 771,49 | 1341,30 | 1396,4 | 1419,37 |
| 2015-03-26 | 626,72 | 1330,43 | 1607,51 | 1311,42 | 1400 | 1413,63 |
| 2015-03-27 | 1450,9 | 1346,29 | 1657,18 | 1324,84 | 1435,21 | 1410,68 |
| 2015-03-28 | 1367,71 | 1255,13 | 1569,23 | 1256,23 | 1317,17 | 1367,38 |
| 2015-03-29 | 1207,28 | 1127,55 | 1655,17 | 1212,97 | 1303,68 | 1341,16 |
| 2015-03-30 | 1458,48 | 1350,79 | 1705,21 | 1302,14 | 1447,1 | 1415,84 |
| 2015-03-31 | 1472,17 | 1372,87 | 1729,52 | 1017,18 | 1461,11 | 1416,57 |

Lampiran 25: Hasil ramalan data *out sample* dengan model ARIMA untuk subsistem Kediri

| Tanggal | 13.30 | | 18.30 | | 05.30 | |
|------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan |
| 2015-03-01 | 551,34 | 509,65 | 763,69 | 843,12 | 663,86 | 782,78 |
| 2015-03-02 | 823,93 | 601,42 | 944,60 | 908,95 | 740,07 | 823,96 |
| 2015-03-03 | 864,10 | 637,75 | 975,30 | 911,34 | 762,59 | 840,78 |
| 2015-03-04 | 807,13 | 611,05 | 899,30 | 913,37 | 779,96 | 835,34 |
| 2015-03-05 | 682,64 | 608,51 | 828,42 | 867,55 | 768,72 | 834,59 |
| 2015-03-06 | 817,42 | 606,17 | 957,41 | 910,15 | 782,5 | 835,15 |
| 2015-03-07 | 876,17 | 564,62 | 985,84 | 869,86 | 779,91 | 830,07 |
| 2015-03-08 | 887,07 | 526,99 | 998,24 | 845,40 | 706,51 | 783,42 |
| 2015-03-09 | 551,85 | 634,89 | 778,43 | 911,23 | 739,99 | 825,09 |
| 2015-03-10 | 632,15 | 629,38 | 752,01 | 913,62 | 759,57 | 841,91 |
| 2015-03-11 | 681,87 | 611,28 | 868,04 | 915,65 | 770,78 | 836,47 |
| 2015-03-12 | 604,50 | 633,78 | 848,74 | 869,83 | 770,43 | 835,72 |
| 2015-03-13 | 792,43 | 628,86 | 982,94 | 912,43 | 776,53 | 836,28 |
| 2015-03-14 | 907,54 | 588,92 | 1078,9 | 872,14 | 772,8 | 831,20 |
| 2015-03-15 | 991,75 | 523,70 | 1136,33 | 847,69 | 715,42 | 784,56 |
| 2015-03-16 | 905,55 | 621,33 | 1022,32 | 913,51 | 764,03 | 826,22 |
| 2015-03-17 | 1001,1 | 639,37 | 1151,05 | 915,90 | 764,42 | 843,04 |
| 2015-03-18 | 853,08 | 608,45 | 1015,91 | 917,93 | 788,53 | 837,60 |
| 2015-03-19 | 761,57 | 614,21 | 959,21 | 872,11 | 786,48 | 836,85 |
| 2015-03-20 | 983,96 | 622,78 | 1180,77 | 914,71 | 950,5 | 837,41 |
| 2015-03-21 | 984,41 | 583,59 | 1093,19 | 874,42 | 837,23 | 832,33 |
| 2015-03-22 | 1044,29 | 519,35 | 1152,1 | 849,97 | 806,58 | 785,69 |
| 2015-03-23 | 982,70 | 618,51 | 1118,28 | 915,79 | 841,21 | 827,35 |
| 2015-03-24 | 1004,81 | 635,67 | 1176,99 | 918,18 | 915,17 | 844,17 |
| 2015-03-25 | 1021,82 | 607,37 | 1139,5 | 920,21 | 920,52 | 838,73 |
| 2015-03-26 | 793,42 | 613,13 | 955,03 | 874,39 | 898,29 | 837,98 |
| 2015-03-27 | 906,44 | 621,69 | 986,35 | 916,99 | 904,96 | 838,543 |
| 2015-03-28 | 806,42 | 582,51 | 912,35 | 876,70 | 788,51 | 833,46 |
| 2015-03-29 | 853,84 | 518,27 | 920,08 | 852,25 | 821,93 | 786,82 |
| 2015-03-30 | 861,74 | 617,43 | 920,32 | 918,07 | 474,14 | 828,48 |
| 2015-03-31 | 733,64 | 634,59 | 957,1 | 920,46 | 900,4 | 845,31 |

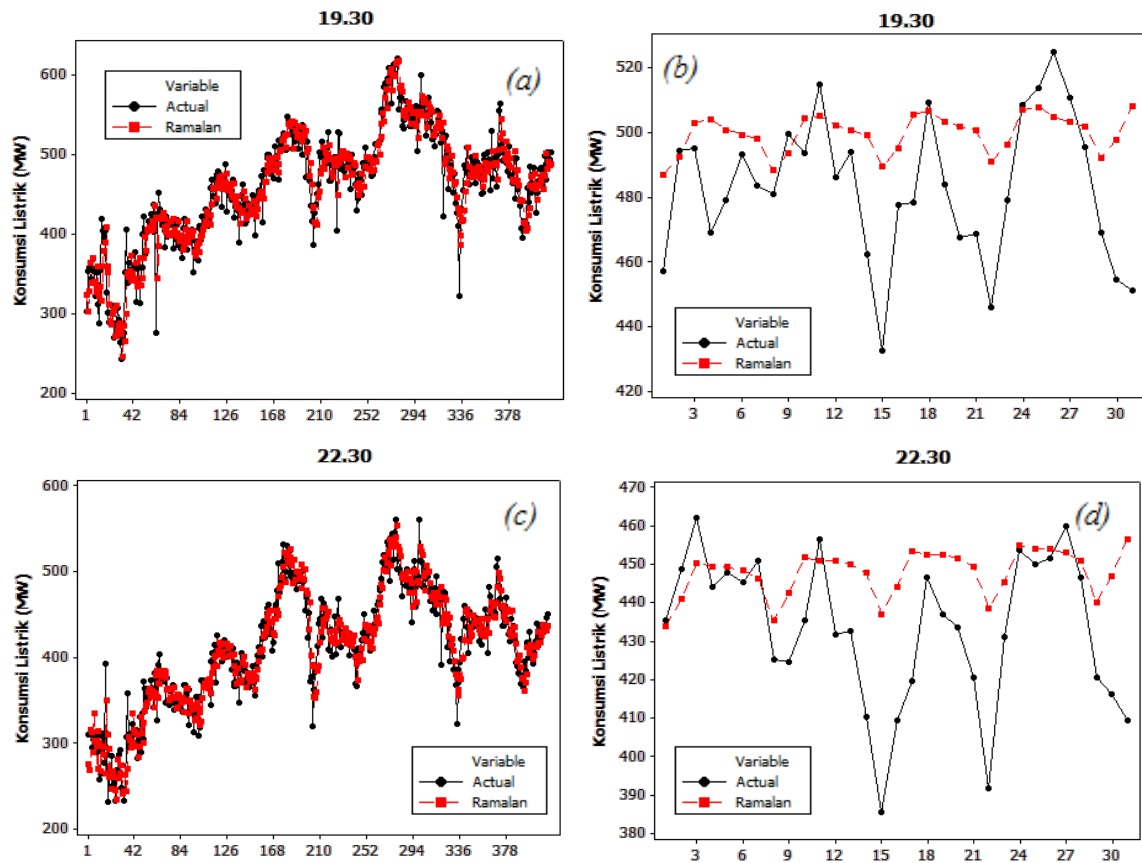
Lampiran 26: Hasil ramalan data *out sample* dengan model ARIMA untuk
subsistem Krian

| Tanggal | 11.00 | | 15.00 | | 23.00 | |
|------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan |
| 2015-03-01 | 223,41 | 214,48 | 196,16 | 212,01 | 223,46 | 223,14 |
| 2015-03-02 | 289,25 | 278,16 | 305,8 | 272,24 | 278,93 | 255,27 |
| 2015-03-03 | 299,38 | 282,35 | 272,08 | 273,09 | 277,54 | 248,26 |
| 2015-03-04 | 278,21 | 271,06 | 278,21 | 270,05 | 262,67 | 249,16 |
| 2015-03-05 | 299,95 | 267,73 | 283,42 | 270,22 | 263,3 | 259,09 |
| 2015-03-06 | 273,88 | 277,22 | 283,44 | 278,00 | 262,48 | 256,81 |
| 2015-03-07 | 288,18 | 265,75 | 277,26 | 255,88 | 250,7 | 237,38 |
| 2015-03-08 | 192,47 | 212,59 | 192,52 | 212,92 | 236,28 | 224,37 |
| 2015-03-09 | 284,51 | 276,27 | 292,86 | 273,15 | 292,86 | 256,81 |
| 2015-03-10 | 306,55 | 280,46 | 306,55 | 274,01 | 301,09 | 249,64 |
| 2015-03-11 | 306,11 | 269,17 | 311,62 | 270,97 | 294,9 | 250,63 |
| 2015-03-12 | 300,3 | 265,84 | 311,22 | 271,13 | 283,98 | 260,52 |
| 2015-03-13 | 311,7 | 275,33 | 289,86 | 278,92 | 273,48 | 258,25 |
| 2015-03-14 | 278,94 | 263,86 | 273,48 | 256,80 | 240,71 | 238,82 |
| 2015-03-15 | 217,69 | 210,70 | 212,23 | 213,84 | 233,67 | 225,82 |
| 2015-03-16 | 283,76 | 274,38 | 289,27 | 274,07 | 262,45 | 258,25 |
| 2015-03-17 | 300,41 | 278,57 | 273,11 | 274,93 | 251,57 | 251,08 |
| 2015-03-18 | 295,15 | 267,28 | 306,07 | 271,88 | 267,85 | 252,07 |
| 2015-03-19 | 295,16 | 263,95 | 284,24 | 272,05 | 272,94 | 261,96 |
| 2015-03-20 | 294,89 | 273,44 | 311,27 | 279,84 | 262,4 | 259,69 |
| 2015-03-21 | 213,25 | 261,97 | 213,25 | 257,72 | 207,99 | 240,26 |
| 2015-03-22 | 186,15 | 208,81 | 185,93 | 214,76 | 241,41 | 227,26 |
| 2015-03-23 | 290,55 | 272,49 | 301,47 | 274,99 | 262,85 | 259,69 |
| 2015-03-24 | 312,32 | 276,68 | 301,4 | 275,85 | 284,91 | 252,52 |
| 2015-03-25 | 312,21 | 265,39 | 246,69 | 272,80 | 266,94 | 253,51 |
| 2015-03-26 | 288,4 | 262,06 | 296,24 | 272,97 | 279,86 | 263,40 |
| 2015-03-27 | 311,61 | 271,55 | 317,07 | 280,76 | 273,39 | 261,13 |
| 2015-03-28 | 289,77 | 260,08 | 262,47 | 258,63 | 230,45 | 241,70 |
| 2015-03-29 | 186,77 | 206,92 | 192,23 | 215,68 | 219,48 | 228,69 |
| 2015-03-30 | 290,35 | 270,60 | 273,97 | 275,91 | 273,81 | 261,13 |
| 2015-03-31 | 322,75 | 274,79 | 322,58 | 276,77 | 295,45 | 253,96 |

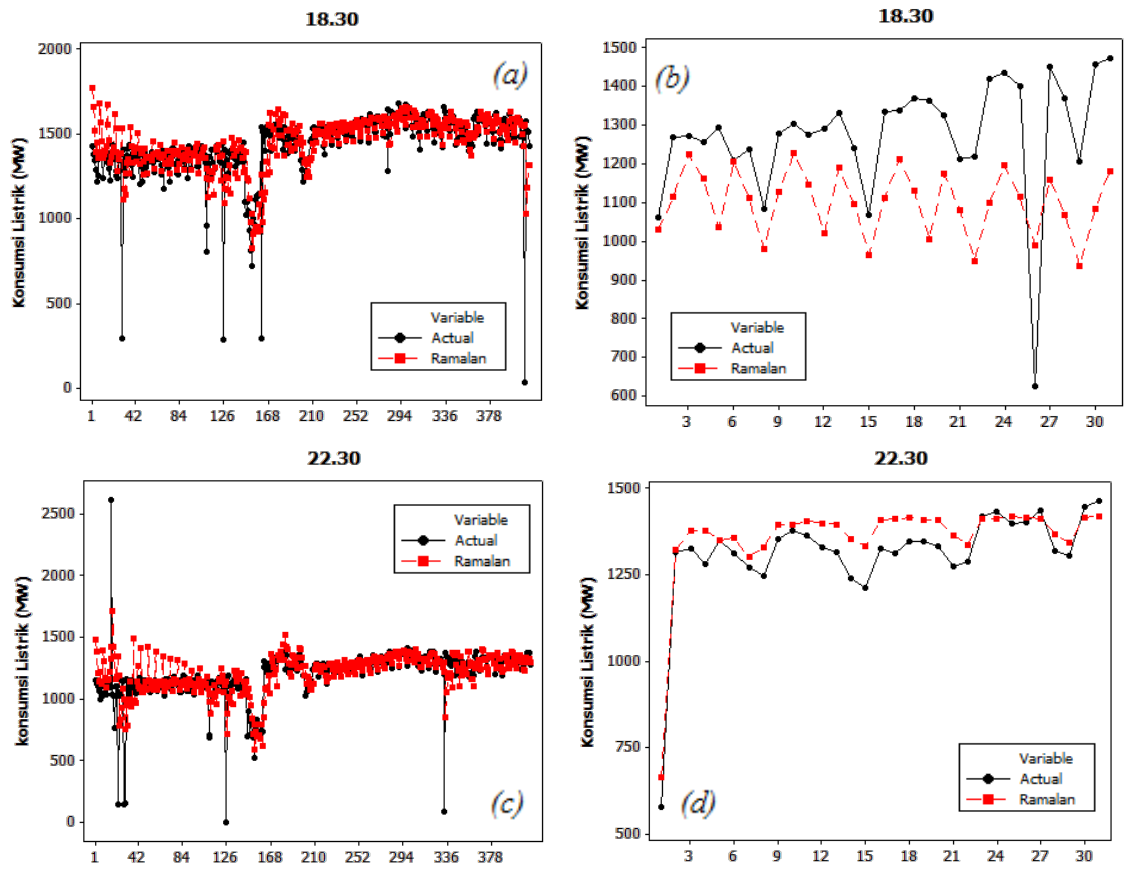
Lampiran 27: Hasil ramalan data *out sample* dengan model ARIMA untuk
subsistem Krian-Gresik

| Tanggal | 14.00 | | 15.00 | | 22.30 | |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan | Aktual | Ramalan |
| 2015-03-01 | 1221,04 | 1260,53 | 1206,2 | 1289,85 | 1168 | 1395,50 |
| 2015-03-02 | 1734 | 1738,43 | 1669,65 | 1775,47 | 1497,28 | 1622,22 |
| 2015-03-03 | 1764,64 | 1735,60 | 1702,37 | 1779,71 | 968,03 | 1607,63 |
| 2015-03-04 | 1758,94 | 1749,83 | 1745,03 | 1786,54 | 1490,51 | 1599,77 |
| 2015-03-05 | 1772,68 | 1689,43 | 1719,2 | 1544,01 | 1516,4 | 1581,79 |
| 2015-03-06 | 1741,92 | 1723,92 | 1712,29 | 1549,03 | 1506,37 | 1563,31 |
| 2015-03-07 | 1489,08 | 1479,13 | 1441,32 | 1416,26 | 1492,44 | 1421,87 |
| 2015-03-08 | 1193,1 | 1235,56 | 1178,04 | 1238,36 | 1282,58 | 1349,76 |
| 2015-03-09 | 1750,34 | 1730,42 | 1690,76 | 1714,75 | 1564,63 | 1590,58 |
| 2015-03-10 | 1742,91 | 1769,22 | 1719,46 | 1761,97 | 1545,8 | 1592,15 |
| 2015-03-11 | 1792,14 | 1784,13 | 1787,65 | 1769,41 | 1619,21 | 1584,29 |
| 2015-03-12 | 1839,43 | 1721,79 | 1802,86 | 1589,97 | 1618,95 | 1566,31 |
| 2015-03-13 | 1783,46 | 1745,98 | 1762,61 | 1665,62 | 1602,3 | 1547,82 |
| 2015-03-14 | 1534,73 | 1487,05 | 1498,41 | 1436,10 | 1353,32 | 1406,39 |
| 2015-03-15 | 1234,94 | 1240,76 | 1188,5 | 1261,14 | 1278,13 | 1334,27 |
| 2015-03-16 | 1735,17 | 1736,68 | 1723,88 | 1751,53 | 1644,18 | 1575,10 |
| 2015-03-17 | 1757,31 | 1771,90 | 1730,6 | 1767,21 | 1601,85 | 1576,66 |
| 2015-03-18 | 1804,77 | 1779,82 | 1730,16 | 1754,51 | 1633,22 | 1568,80 |
| 2015-03-19 | 1728,69 | 1719,01 | 1704,84 | 1502,33 | 1650,3 | 1550,82 |
| 2015-03-20 | 1703,24 | 1743,20 | 1673,82 | 1629,56 | 1496,64 | 1532,34 |
| 2015-03-21 | 1199,61 | 1484,27 | 1176,55 | 1387,14 | 1253,3 | 1390,90 |
| 2015-03-22 | 1219,49 | 1237,98 | 1206,69 | 1242,12 | 1321,75 | 1318,79 |
| 2015-03-23 | 1769,66 | 1733,90 | 1690,45 | 1731,64 | 1594,16 | 1559,61 |
| 2015-03-24 | 1761,85 | 1769,12 | 1741,11 | 1754,84 | 1702,43 | 1561,18 |
| 2015-03-25 | 1725,45 | 1777,04 | 1692,88 | 1765,25 | 1574,46 | 1553,32 |
| 2015-03-26 | 1795,8 | 1716,23 | 1760,57 | 1580,21 | 1607,01 | 1535,34 |
| 2015-03-27 | 1779,68 | 1740,42 | 1749,56 | 1650,6 | 1584,74 | 1516,85 |
| 2015-03-28 | 1549,38 | 1481,49 | 1508,37 | 1422,93 | 1425,25 | 1375,42 |
| 2015-03-29 | 1238,73 | 1235,20 | 1246,32 | 1255,13 | 1365,09 | 1303,30 |
| 2015-03-30 | 1788,32 | 1731,12 | 1784,13 | 1743,35 | 1610,87 | 1544,13 |
| 2015-03-31 | 1835,44 | 1766,34 | 1788,39 | 1762,57 | 1663,68 | 1545,69 |

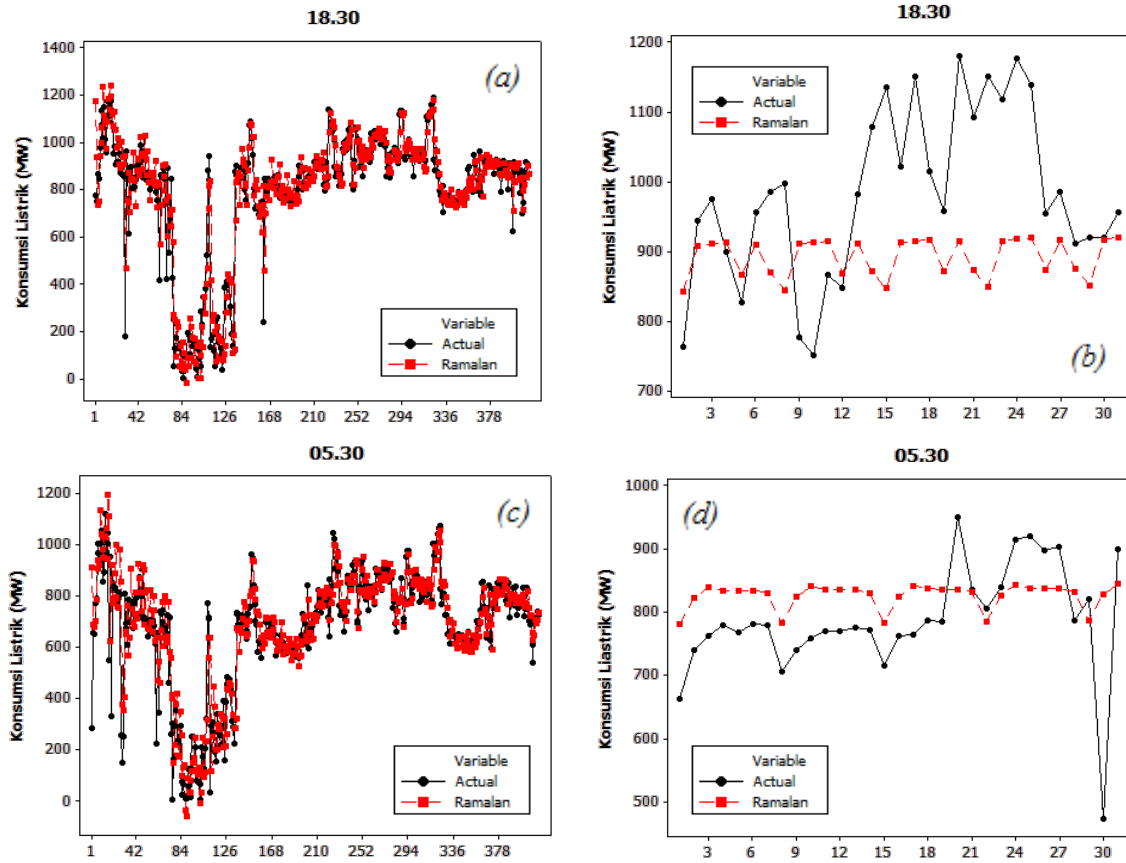
Lampiran 28: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Ngimbang pukul 19.30 berdasarkan *in sample* (a), *out sample* (b), Ngimbang pukul 22.30 berdasarkan *in sample* (c), dan berdasarkan *out sample* (d)



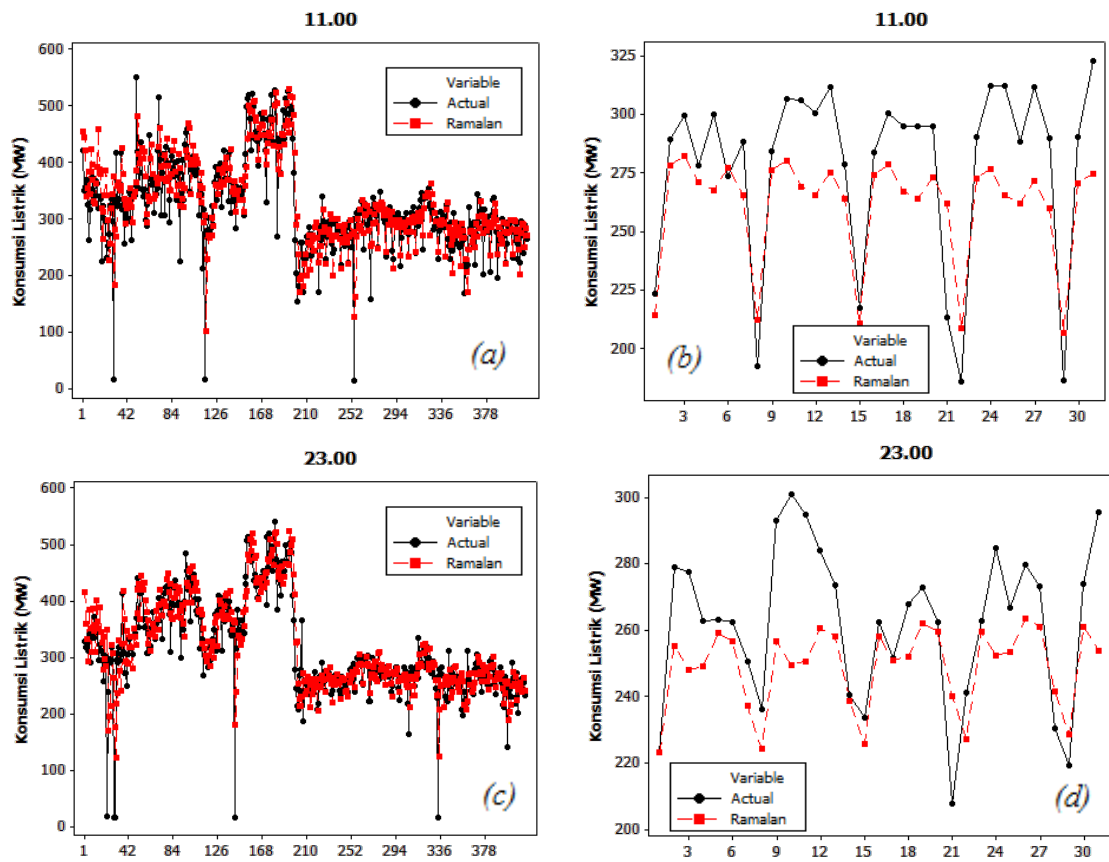
Lampiran 29: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Paiton pukul 18.30 berdasarkan *in sample* (a), *out sample* (b), Paiton pukul 22.30 berdasarkan *in sample* (c), dan berdasarkan *out sample* (d)



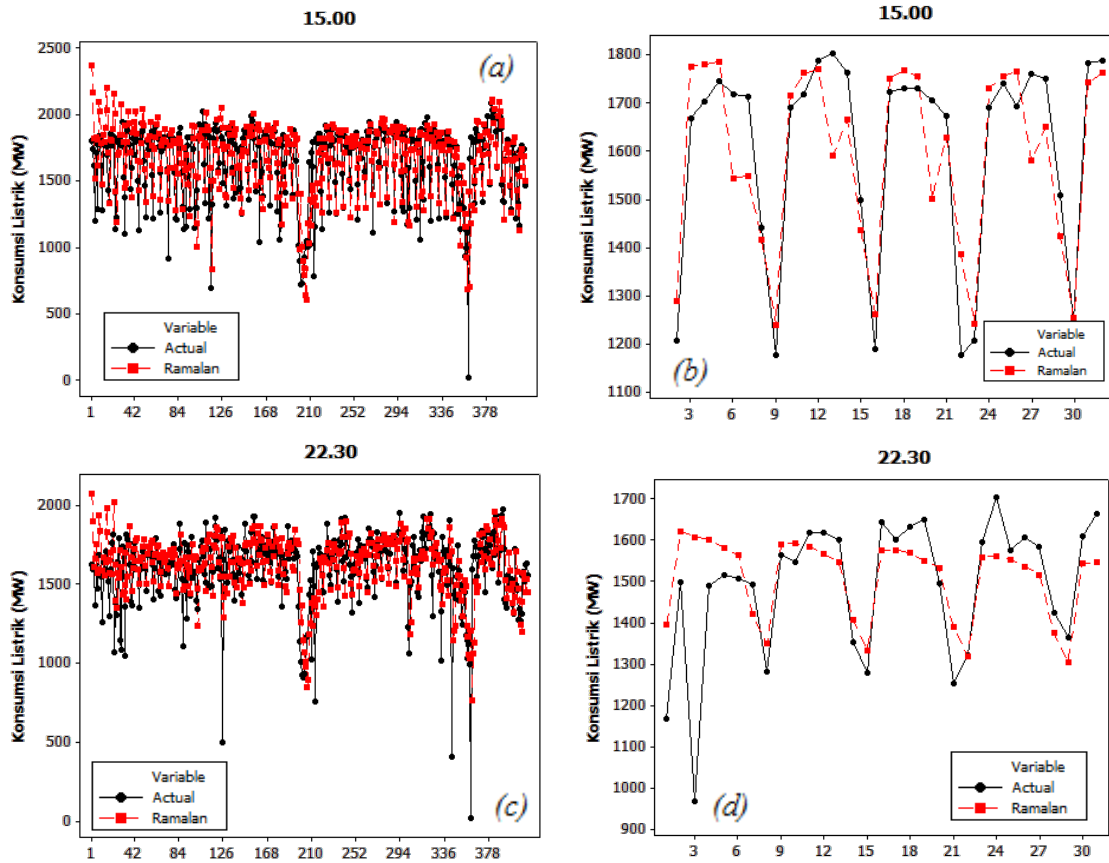
Lampiran 30: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Kediri pukul 18.30 berdasarkan *in sample* (a), *out sample* (b), Kediri pukul 05.30 berdasarkan *in sample* (c), dan berdasarkan *out sample* (d)



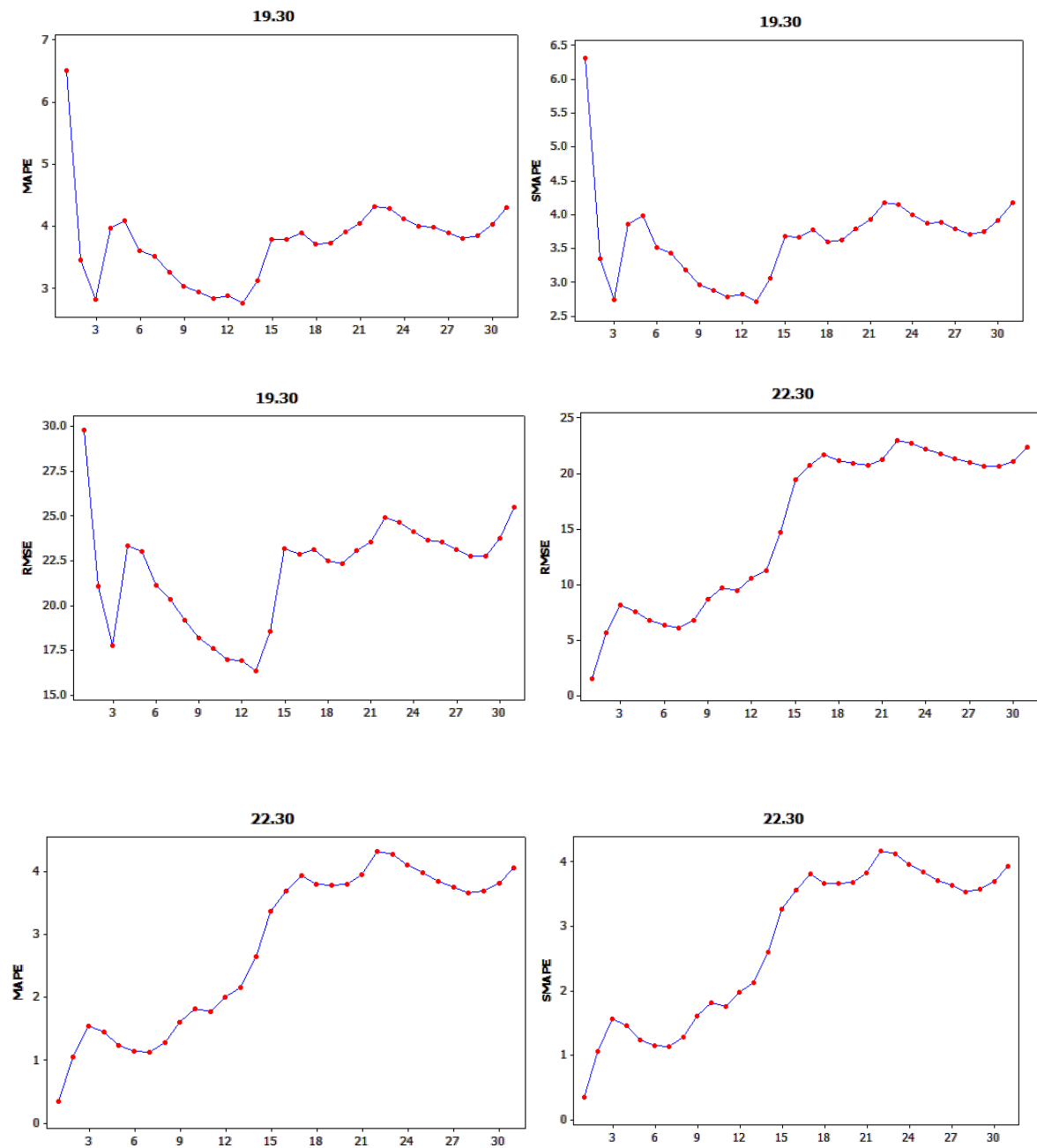
Lampiran 31: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Krian pukul 11.00 berdasarkan *in sample* (a), *out sample* (b), Krian pukul 23.00 berdasarkan *in sample* (c), dan berdasarkan *out sample* (d)



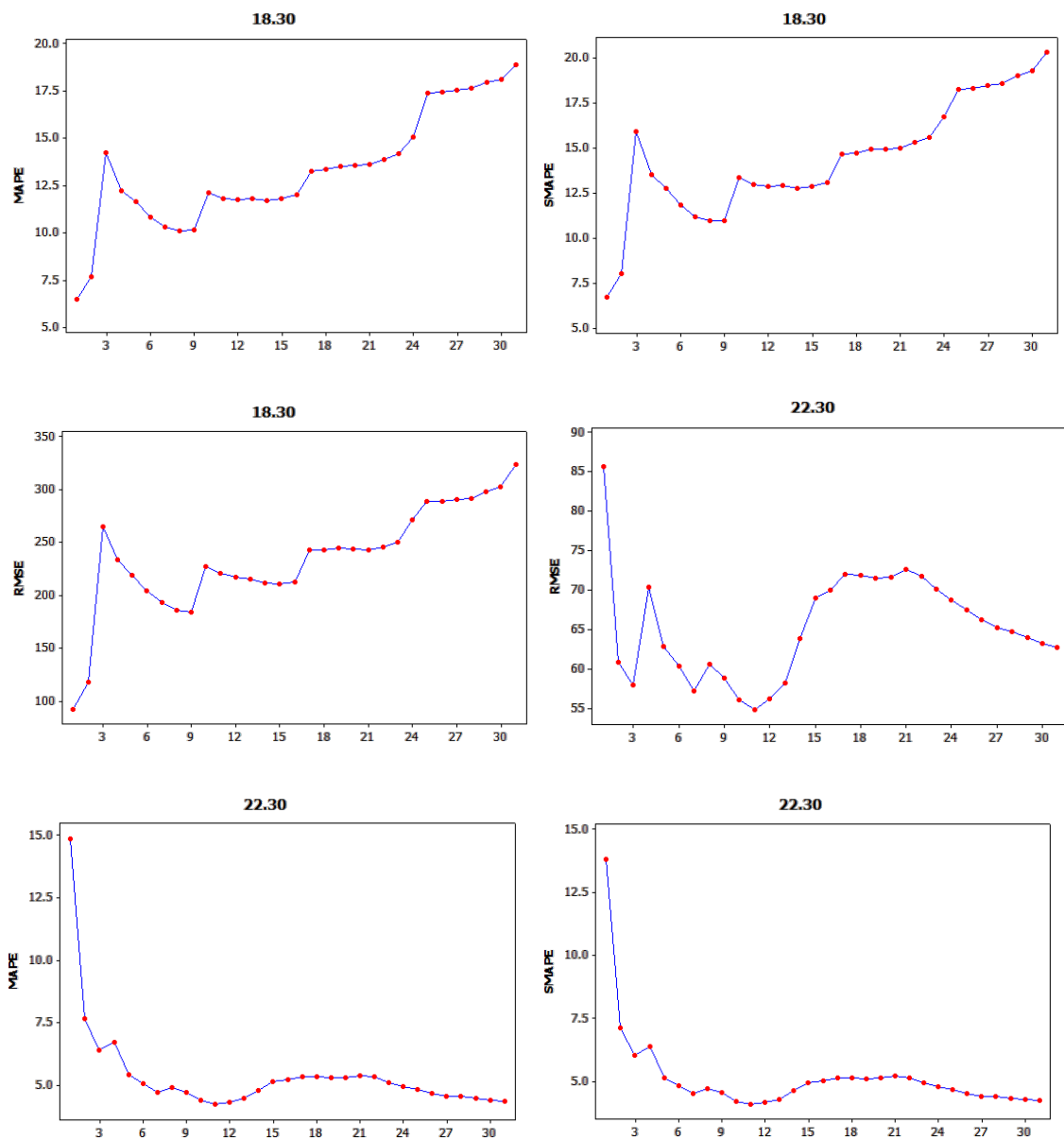
Lampiran 32: Hasil metode ARIMA berdasarkan perbandingan ramalan data aktual subsistem Krian-Gresik pukul 15.00 berdasarkan *in sample* (a), *out sample* (b), Krian-Gresik pukul 22.30 berdasarkan *in sample* (c), dan berdasarkan *out sample* (d)



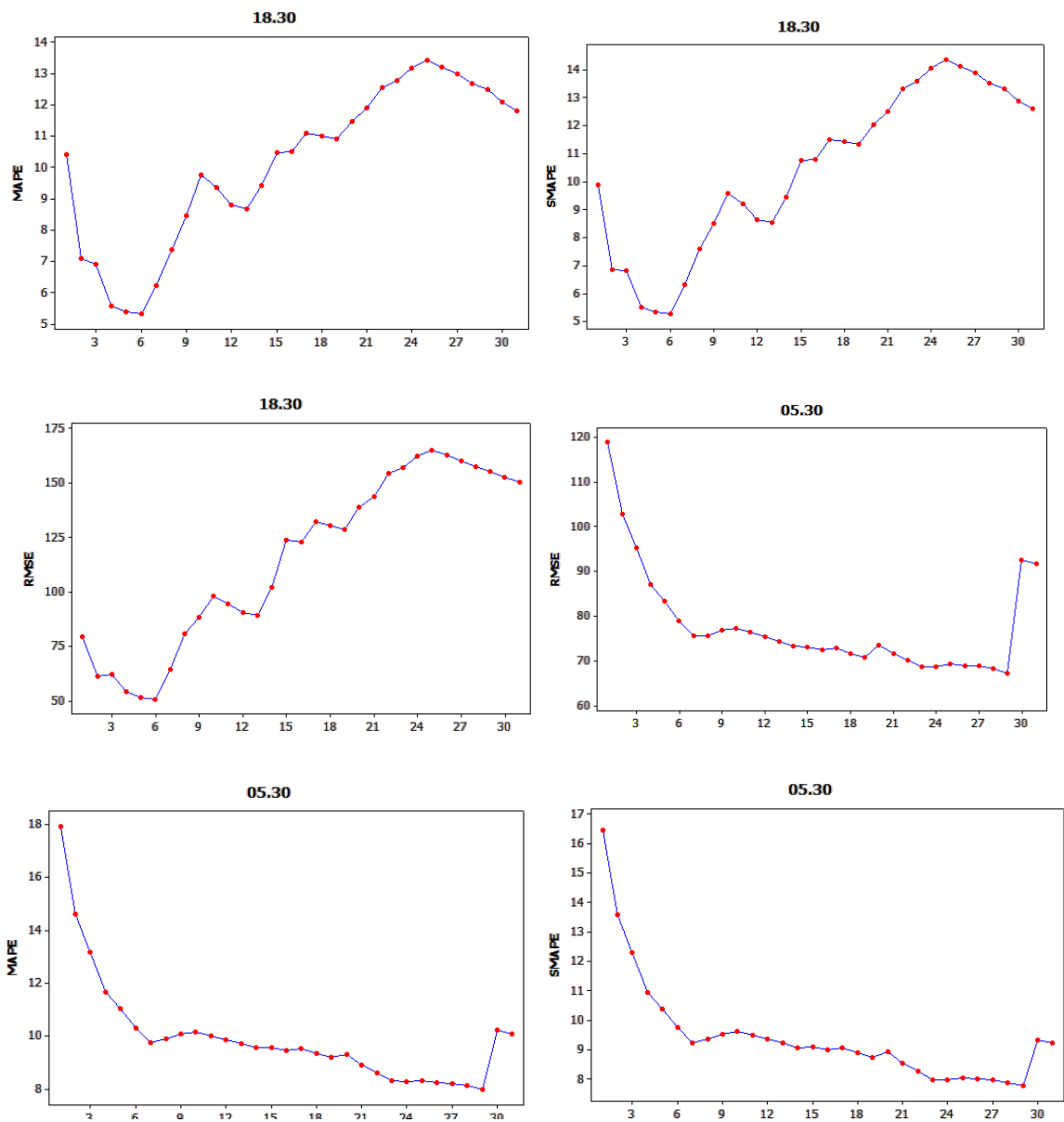
Lampiran 33: Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem Ngimbang



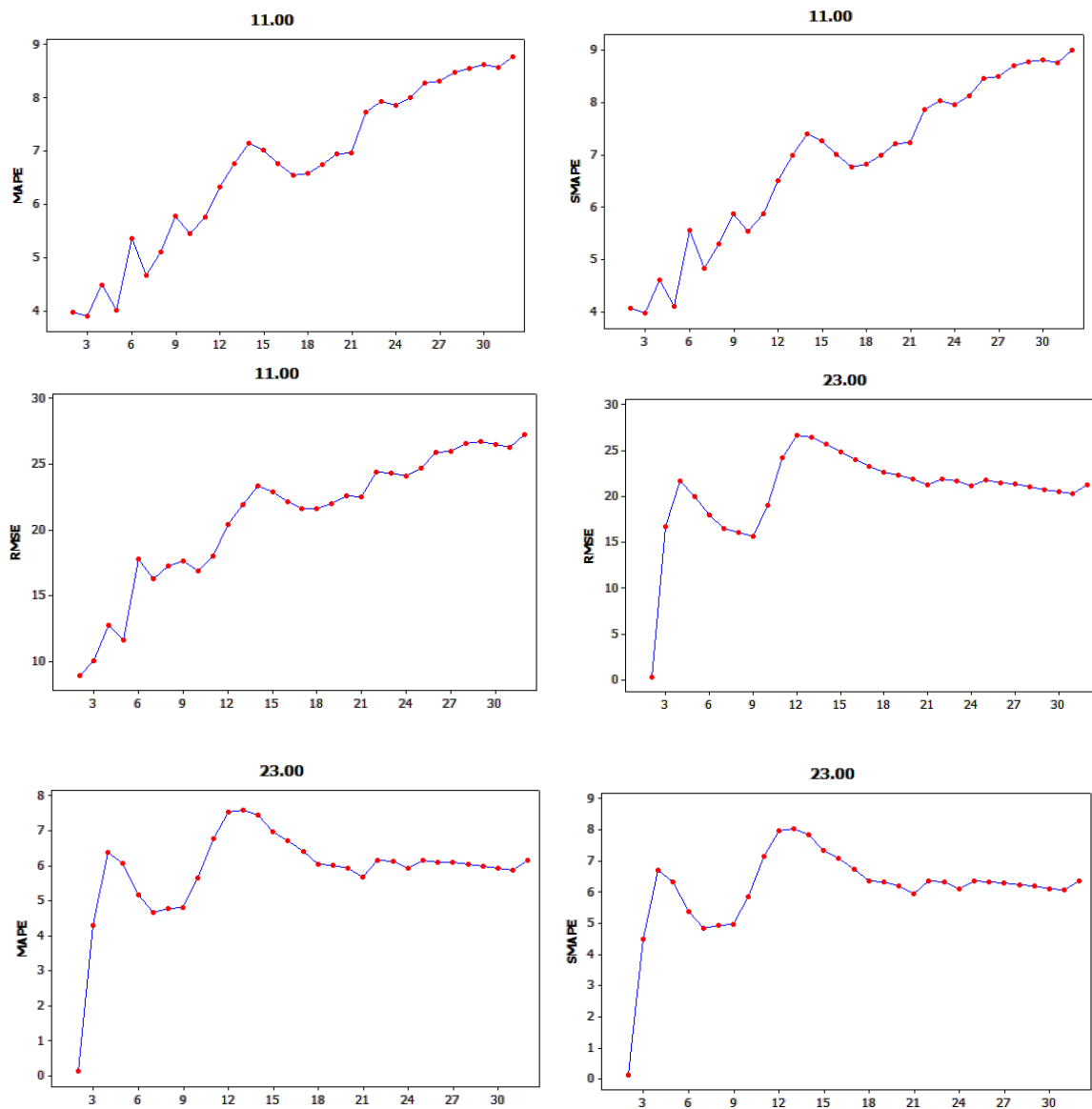
Lampiran 34: Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem
Paiton



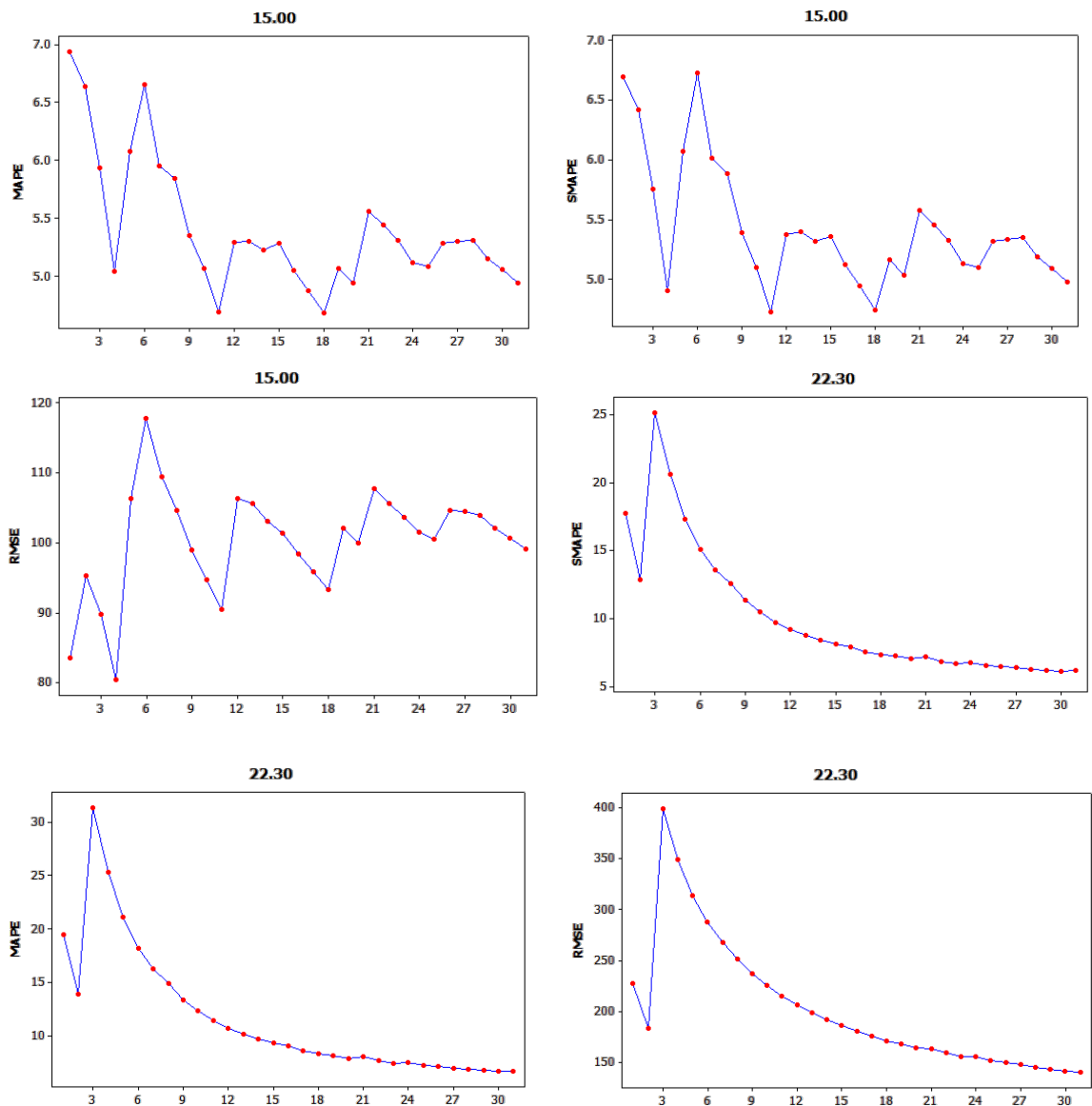
Lampiran 35: Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem
Kediri



Lampiran 36: Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem Krian



Lampiran 37 : Grafik MAPE, SMAPE, dan RMSE model ARIMA di subsistem Krian-Gresik



Lampiran 38 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian pukul 11.00

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 1 | 18,346 | 48,165 | 11,252 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 1 | 9,185 | 28,639 | 8,839 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 2 | 18,263 | 47,517 | 11,039 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 2 | 8,954 | 28,141 | 8,630 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 3 | 18,781 | 50,173 | 11,986 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 3 | 9,257 | 29,110 | 8,927 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 4 | 19,267 | 52,962 | 12,852 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 4 | 8,886 | 28,344 | 8,606 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 5 | 18,074 | 47,371 | 11,120 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 5 | 7,531 | 24,902 | 7,414 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 6 | 19,224 | 51,994 | 12,423 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 6 | 8,558 | 27,636 | 8,380 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 7 | 17,791 | 47,735 | 11,265 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 7 | 7,434 | 25,122 | 7,322 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 8 | 18,597 | 50,331 | 11,963 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 8 | 8,239 | 26,372 | 8,107 |

Lampiran 38 : Lanjutan

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 9 | 19,165 | 52,415 | 12,590 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 9 | 7,267 | 25,586 | 7,149 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 10 | 19,091 | 53,189 | 13,196 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 10 | 8,962 | 28,417 | 8,782 |

Lampiran 39 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian pukul 23.00

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 1 | 25,539 | 45,605 | 10,457 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 1 | 7,311 | 23,836 | 7,287 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 2 | 25,572 | 47,061 | 10,951 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 2 | 7,515 | 24,552 | 7,528 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 3 | 25,238 | 45,608 | 10,600 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 3 | 7,193 | 23,652 | 7,211 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 4 | 25,222 | 45,523 | 10,605 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 4 | 7,147 | 23,380 | 7,171 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 5 | 25,297 | 46,160 | 10,923 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 5 | 7,235 | 23,689 | 7,282 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 6 | 25,225 | 47,195 | 11,223 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 6 | 7,255 | 23,639 | 7,278 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 7 | 25,287 | 45,718 | 10,736 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 7 | 7,201 | 23,666 | 7,256 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 8 | 25,378 | 46,856 | 11,103 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 8 | 7,410 | 24,382 | 7,461 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 9 | 25,407 | 48,371 | 11,743 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 9 | 7,267 | 23,202 | 7,325 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 10 | 25,576 | 45,683 | 10,615 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 10 | 7,123 | 23,454 | 7,208 |

Lampiran 40 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 15.00

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|----------|----------|----------|
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 1 | 30,044 | 231,1158 | 10,5966 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 1 | 5,925 | 118,2611 | 5,612315 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 2 | 29,476 | 228,061 | 10,39122 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 2 | 5,877 | 116,088 | 5,585246 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 3 | 29,534 | 226,8279 | 10,26941 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 3 | 5,713 | 114,6078 | 5,414233 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 4 | 29,252 | 226,9626 | 10,32574 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 4 | 5,836 | 114,2229 | 5,555232 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 5 | 29,616 | 227,3196 | 10,27784 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 5 | 5,862 | 117,2727 | 5,548562 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 6 | 29,338 | 226,4973 | 10,32455 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 6 | 5,817 | 114,5573 | 5,533796 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 7 | 29,28863 | 223,3997 | 10,18754 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 7 | 5,546288 | 110,7015 | 5,302911 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 8 | 27,6161 | 216,14 | 10,17602 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 8 | 5,405271 | 103,491 | 5,384889 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 9 | 27,71516 | 218,566 | 10,00941 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 9 | 4,95593 | 93,46442 | 4,879396 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 10 | 27,3409 | 217,4939 | 10,07678 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 10 | 5,207238 | 97,02375 | 5,141399 |

Lampiran 41 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 22.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 25,539 | 45,605 | 10,457 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 7,311 | 23,836 | 7,287 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 25,572 | 47,061 | 10,951 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 7,515 | 24,552 | 7,528 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 25,238 | 45,608 | 10,600 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 7,193 | 23,652 | 7,211 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 25,222 | 45,523 | 10,605 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 7,147 | 23,380 | 7,171 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 25,297 | 46,160 | 10,923 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 7,235 | 23,689 | 7,282 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 25,225 | 47,195 | 11,223 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 7,255 | 23,639 | 7,278 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 25,287 | 45,718 | 10,736 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 7,201 | 23,666 | 7,256 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 25,378 | 46,856 | 11,103 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 7,410 | 24,382 | 7,461 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 25,407 | 48,371 | 11,743 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 7,267 | 23,202 | 7,325 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 25,576 | 45,683 | 10,615 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 7,123 | 23,454 | 7,208 |

Lampiran 42 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Kediri pukul 18.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 42,975 | 119,254 | 14,922 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 8,371 | 103,407 | 8,617 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 44,672 | 118,814 | 14,945 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 8,114 | 99,797 | 8,305 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 45,036 | 118,629 | 15,050 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 8,072 | 99,150 | 8,252 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 46,454 | 118,564 | 15,067 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 8,228 | 100,523 | 8,432 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 50,984 | 120,951 | 15,815 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 8,201 | 100,747 | 8,404 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 53,650 | 121,051 | 16,036 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 8,201 | 100,911 | 8,420 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 59,288 | 124,358 | 16,773 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 8,287 | 101,451 | 8,496 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 52,653 | 123,642 | 16,460 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 8,833 | 109,589 | 9,159 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 61,454 | 125,019 | 16,957 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 8,294 | 102,307 | 8,526 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 65,429 | 128,179 | 17,486 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 8,360 | 103,633 | 8,623 |

Lampiran 43 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Kediri pukul 05.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 51,607 | 115,578 | 16,022 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 7,555 | 95,674 | 7,325 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 53,003 | 115,294 | 15,880 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 7,471 | 96,468 | 7,231 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 53,491 | 115,392 | 16,023 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 7,407 | 95,670 | 7,162 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 54,434 | 115,860 | 16,125 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 7,499 | 96,177 | 7,268 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 58,490 | 117,181 | 16,525 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 7,527 | 96,447 | 7,300 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 59,986 | 118,245 | 16,891 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 7,639 | 94,955 | 7,414 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 63,936 | 120,473 | 17,389 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 7,530 | 95,695 | 7,321 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 59,476 | 120,798 | 17,431 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 7,685 | 94,205 | 7,492 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 67,146 | 122,228 | 17,830 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 7,622 | 94,363 | 7,407 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 72,147 | 125,831 | 18,426 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 7,810 | 95,118 | 7,608 |

Lampiran 44 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Paiton pukul 18.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|---------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 18,857 | 168,793 | 7,588 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 8,858 | 178,685 | 8,127 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 19,895 | 181,026 | 8,726 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 9,677 | 180,837 | 9,098 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 17,971 | 159,998 | 6,753 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 8,482 | 177,872 | 7,676 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 18,110 | 161,268 | 6,848 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 8,445 | 176,392 | 7,621 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 18,409 | 164,345 | 7,149 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 8,629 | 176,782 | 7,836 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 18,241 | 161,677 | 6,851 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 7,9263 | 169,362 | 7,015 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 18,390 | 163,942 | 7,035 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 8,223 | 173,684 | 7,371 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 20,057 | 182,491 | 8,531 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 8,738 | 173,592 | 7,991 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 18,291 | 162,420 | 6,916 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 8,114 | 172,077 | 7,238 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 18,172 | 160,677 | 6,800 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 7,755 | 166,655 | 6,838 |

Lampiran 45 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Paiton pukul 22.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 86,395 | 208,869 | 11,171 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 8,506 | 149,188 | 7,193 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 77,580 | 168,474 | 8,065 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 7,950 | 148,862 | 6,629 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 79,040 | 172,972 | 8,578 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 7,706 | 146,242 | 6,350 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 79,051 | 173,037 | 8,545 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 7,831 | 147,344 | 6,470 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 80,238 | 176,698 | 8,913 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 7,686 | 145,906 | 6,296 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 81,526 | 181,528 | 9,416 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 7,603 | 145,576 | 6,190 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 81,537 | 182,250 | 9,308 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 7,623 | 145,226 | 6,207 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 84,335 | 193,468 | 10,470 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 7,662 | 145,541 | 6,213 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 82,035 | 184,271 | 9,542 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 7,633 | 145,027 | 6,204 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 83,272 | 189,635 | 10,103 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 7,606 | 146,205 | 6,158 |

Lampiran 46 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 19.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------|--------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 4,897 | 28,328 | 4,829 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 3,467 | 19,666 | 3,436 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 4,932 | 28,207 | 4,844 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 3,525 | 20,017 | 3,494 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 4,932 | 28,154 | 4,838 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 3,497 | 19,878 | 3,467 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 4,962 | 28,253 | 4,868 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 3,543 | 19,997 | 3,515 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 5,016 | 28,452 | 4,910 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 3,549 | 20,071 | 3,522 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 5,093 | 28,746 | 4,976 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 3,496 | 19,692 | 3,473 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 5,201 | 29,203 | 5,065 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 3,498 | 19,875 | 3,474 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 5,174 | 29,243 | 5,067 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 3,430 | 19,329 | 3,405 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 5,288 | 29,577 | 5,141 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 3,482 | 19,740 | 3,460 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 5,330 | 29,811 | 5,184 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 3,475 | 19,571 | 3,454 |

Lampiran 47 : Hasil percobaan MLP untuk subsistem Ngimbang pukul 22.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------|--------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 4,730 | 24,431 | 4,680 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 3,063 | 15,790 | 3,042 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 4,758 | 24,459 | 4,690 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 3,091 | 15,877 | 3,071 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 4,769 | 24,444 | 4,695 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 3,057 | 15,691 | 3,039 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 4,767 | 24,415 | 4,696 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 3,068 | 15,813 | 3,049 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 4,819 | 24,559 | 4,735 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 3,087 | 15,811 | 3,068 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 4,919 | 24,934 | 4,825 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 3,039 | 15,721 | 3,022 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 5,019 | 25,227 | 4,907 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 3,018 | 15,449 | 3,003 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 4,973 | 25,222 | 4,886 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 2,996 | 15,612 | 2,978 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 5,111 | 25,534 | 4,992 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 2,996 | 15,430 | 2,981 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 5,209 | 25,977 | 5,082 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 3,049 | 15,786 | 3,033 |

Lampiran 48 : Nilai bobot dan bias metode MLP untuk model di setiap subsistem

| Model | Nilai Bobot | | | |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Krian 11.00 | β_{11} : 0,316 | β_{12} : 0,585 | β_{13} : 0,207 | β_{14} : -0,145 |
| | β_{15} : -0,642 | β_{16} : -0,103 | β_{17} : 0,793 | β_{18} : -0,260 |
| | β_{19} : 0,659 | β_{110} : -0,488 | β_{111} : -0,519 | β_{112} : -0,195 |
| | β_{113} : 0,167 | β_{114} : -0,043 | β_{115} : 0,854 | β_{116} : -0,985 |
| | β_{21} : 1,044 | β_{22} : 1,132 | β_{23} : -0,380 | β_{24} : 0,481 |
| | β_{25} : -0,002 | β_{26} : 1,624 | β_{27} : -0,663 | β_{28} : 0,342 |
| | β_{29} : -0,137 | β_{210} : 0,997 | β_{211} : -0,340 | β_{212} : -0,233 |
| | β_{213} : -0,386 | β_{214} : -0,567 | β_{215} : -0,275 | β_{216} : -0,455 |
| | β_{31} : -0,321 | β_{32} : 0,981 | β_{33} : -1,195 | β_{34} : -0,469 |
| | β_{35} : -0,558 | β_{36} : -0,379 | β_{37} : 0,612 | β_{38} : 0,378 |
| | β_{39} : -1,073 | β_{310} : 0,103 | β_{311} : 0,149 | β_{312} : 0,350 |
| | β_{313} : -0,599 | β_{314} : -0,362 | β_{315} : -0,298 | β_{316} : -0,869 |
| | β_{41} : 0,146 | β_{42} : -0,462 | β_{43} : -0,140 | β_{44} : -0,321 |
| | β_{45} : 0,348 | β_{46} : 0,921 | β_{47} : 0,702 | β_{48} : 0,603 |
| | β_{49} : 0,258 | β_{410} : -0,028 | β_{411} : -0,598 | β_{412} : 0,967 |
| | β_{413} : 0,293 | β_{414} : -1,182 | β_{415} : 0,667 | β_{416} : -0,275 |
| | β_{51} : 2,298 | β_{52} : -1,227 | β_{53} : 0,898 | β_{54} : -0,189 |
| | β_{55} : -0,079 | β_{56} : -0,223 | β_{57} : 0,304 | β_{58} : -0,696 |
| | β_{59} : 1,496 | β_{510} : -0,587 | β_{511} : -0,652 | β_{512} : 0,646 |
| | β_{513} : -0,457 | β_{514} : -0,136 | β_{515} : 0,360 | β_{516} : -0,733 |
| | β_{61} : 0,987 | β_{62} : 0,957 | β_{63} : -0,519 | β_{64} : 0,390 |
| | β_{65} : -0,016 | β_{66} : 0,022 | β_{67} : -0,351 | β_{68} : -0,107 |
| | β_{69} : -0,180 | β_{610} : 0,407 | β_{611} : -0,431 | β_{612} : 0,055 |
| | β_{613} : -0,614 | β_{614} : -0,350 | β_{615} : -0,070 | β_{616} : -1,024 |
| | β_{71} : -0,228 | β_{72} : 1,225 | β_{73} : -0,570 | β_{74} : 1,617 |
| | β_{75} : -1,286 | β_{76} : 0,353 | β_{77} : -0,566 | β_{78} : -0,663 |
| | β_{79} : -0,628 | β_{710} : -0,703 | β_{711} : -0,162 | β_{712} : 0,247 |
| | β_{713} : 0,217 | β_{714} : -0,623 | β_{715} : 0,837 | β_{716} : 0,820 |
| | β_{81} : 0,559 | β_{82} : -0,099 | β_{83} : -0,188 | β_{84} : -0,151 |
| | β_{85} : -1,278 | β_{86} : -0,475 | β_{87} : 0,783 | β_{88} : 0,189 |
| | β_{89} : 0,242 | β_{810} : -1,230 | β_{811} : 0,743 | β_{812} : 0,703 |
| | β_{813} : 0,021 | β_{814} : -0,082 | β_{815} : 0,047 | β_{816} : 0,209 |
| | β_{91} : 0,849 | β_{92} : 0,399 | β_{93} : -0,649 | β_{94} : 0,650 |
| | β_{95} : -0,137 | β_{96} : 1,026 | β_{97} : -0,542 | β_{98} : 0,490 |
| | β_{99} : 0,350 | β_{910} : 0,798 | β_{911} : 0,361 | β_{912} : 0,209 |
| | β_{913} : -0,485 | β_{914} : -0,414 | β_{915} : 0,277 | β_{916} : -0,350 |
| | B_1 : 0,264 | B_2 : -1,087 | B_3 : -0,826 | B_4 : 1,012 |
| | B_5 : -0,941 | B_6 : 1,485 | B_7 : -0,822 | B_8 : 0,924 |
| | B_9 : -0,583 | | | |
| | α_{11} : 0,814 | α_{12} : 0,618 | α_{13} : 1,943 | α_{14} : 0,675 |
| | α_{15} : 0,403 | α_{16} : 1,108 | α_{17} : 1,364 | α_{18} : 0,735 |
| | α_{19} : 1,274 | α_{21} : 1,086 | | |
| Model | Nilai Bobot | | | |
| Krian 23.00 | β_{11} : -0,239 | β_{12} : 0,212 | β_{13} : 0,014 | β_{14} : -0,245 |
| | β_{21} : -0,163 | β_{22} : -0,376 | β_{23} : 0,153 | β_{24} : 1,190 |
| | β_{31} : -0,701 | β_{32} : -1,198 | β_{33} : 0,484 | β_{34} : -0,594 |
| | β_{41} : -1,751 | β_{42} : -1,234 | β_{43} : 0,253 | β_{44} : 0,278 |
| | B_1 : 0,369 | B_2 : 0,916 | B_3 : 1,040 | B_4 : -0,901 |
| | α_{11} : 0,644 | α_{12} : 0,694 | α_{13} : -0,167 | α_{14} : 1,844 |
| | α_{21} : 0,970 | | | |
| Model | Nilai Bobot | | | |
| Kediri 05.30 | β_{11} : 0,562 | β_{12} : 1,306 | β_{13} : 0,905 | |
| | β_{21} : -1,831 | β_{22} : -0,328 | β_{23} : 0,406 | |
| | β_{31} : 0,815 | β_{32} : 0,281 | β_{33} : 0,527 | |
| | B_1 : -0,700 | B_2 : -0,863 | B_3 : 1,088 | |
| | α_{11} : 0,401 | α_{12} : 1,931 | α_{13} : 0,080 | |
| | α_{21} : 1,154 | | | |

Lampiran 48 : Lanjutan

| Model | Nilai Bobot | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Krian-Gresik 15.00 | β_{11} : 0,441 | β_{12} : 0,004 | β_{13} : 0,598 | β_{14} :-0,428 |
| | β_{15} : -0,441 | β_{16} : 0,033 | β_{17} : 1,341 | β_{18} :0,048 |
| | β_{19} : 0,409 | β_{110} : -0,519 | β_{111} : -0,159 | β_{112} : -0,336 |
| | β_{21} : -0,109 | β_{22} : 0,915 | β_{23} : -0,957 | β_{24} :0,709 |
| | β_{25} : 0,948 | β_{26} : 0,390 | β_{27} : -0,391 | β_{28} :0,641 |
| | β_{29} : 0,726 | β_{210} : 0,976 | β_{211} : -0,960 | β_{212} :0,369 |
| | β_{31} : 0,980 | β_{32} : 1,765 | β_{33} : -0,240 | β_{34} :0,215 |
| | β_{35} : 0,090 | β_{36} : -0,659 | β_{37} : 0,271 | β_{38} :0,137 |
| | β_{39} : -0,265 | β_{310} : 0,506 | β_{311} : -1,525 | β_{312} :1,006 |
| | β_{41} : 0,954 | β_{42} : -1,117 | β_{43} : 1,382 | β_{44} : -0,508 |
| | β_{45} : 0,374 | β_{46} : 1,592 | β_{47} : -0,257 | β_{48} :1,088 |
| | β_{49} : -1,812 | β_{410} : -0,139 | β_{411} : -2,470 | β_{412} : -0,050 |
| | β_{51} : 0,236 | β_{52} : -0,029 | β_{53} : -0,615 | β_{54} :0,754 |
| | β_{55} : 0,647 | β_{56} : 0,467 | β_{57} : 0,713 | β_{58} :0,356 |
| | β_{59} : 0,246 | β_{510} : -0,566 | β_{511} : 0,788 | β_{512} :0,790 |
| | β_{61} : 0,807 | β_{62} : -0,499 | β_{63} : 0,466 | β_{64} :0,717 |
| | β_{65} : -0,372 | β_{66} : 1,085 | β_{67} : 0,100 | β_{68} :0,386 |
| | β_{69} : 0,491 | β_{610} : 0,671 | β_{611} : -0,556 | β_{612} :0,567 |
| | β_{71} : -1,109 | β_{72} : -0,421 | β_{73} : -1,265 | β_{74} : -0,201 |
| | β_{75} : -0,021 | β_{76} : -1,798 | β_{77} : 1,060 | β_{78} : -0,265 |
| | β_{79} : 0,408 | β_{710} : 0,218 | β_{711} : 0,156 | β_{712} :0,894 |
| | β_{81} : -1,051 | β_{82} : 0,098 | β_{83} : 0,435 | β_{84} : -1,235 |
| | β_{85} : 0,334 | β_{86} : -0,018 | β_{87} : 0,551 | β_{88} : -0,897 |
| | β_{89} : -1,412 | β_{810} : 0,267 | β_{811} : -0,719 | β_{812} :0,303 |
| | β_{91} : -0,987 | β_{92} : 2,028 | β_{93} : -0,012 | β_{94} :0,596 |
| | β_{95} : -0,384 | β_{96} : -0,031 | β_{97} : -0,727 | β_{98} : -0,259 |
| | β_{99} : 0,426 | β_{910} : 0,416 | β_{911} : 0,471 | β_{912} : -1,417 |
| | B_1 : 0,930 | B_2 : -0,214 | B_3 : 1,427 | B_4 : -0,997 |
| | B_5 : 0,090 | B_6 : 0,926 | B_7 : -1,060 | B_8 :1,086 |
| | B_9 : -1,320 | | | |
| | α_{11} : 0,467 | α_{12} : 0,973 | α_{13} : 0,194 | α_{14} :1,743 |
| | α_{15} : 0,993 | α_{16} : 1,216 | α_{17} : 2,246 | α_{18} : 1,019 |
| | α_{19} : 1,459 | α_{21} : 1,367 | | |
| Model | Nilai Bobot | | | |
| Krian-Gresik 22.30 | β_{11} : -0,331 | β_{12} : -0,030 | β_{13} : 0,563 | |
| | β_{21} : -1,662 | β_{22} : 0,820 | β_{23} : -0,275 | |
| | β_{31} : 2,867 | β_{32} : 0,093 | β_{33} : -0,667 | |
| | β_{41} : 0,408 | β_{42} : -0,073 | β_{43} : 1,030 | |
| | B_1 : 1,123 | B_2 : 1,417 | B_3 : 0,948 | |
| | B_4 : -0,124 | | | |
| | α_{11} : 0,761 | α_{12} : -0,306 | α_{13} : -1,426 | |
| | α_{14} : 1,122 | α_{21} : 1,227 | | |
| Model | Nilai Bobot | | | |
| Ngimbang 19.30 | β_{11} : 0,415 | β_{12} : 0,625 | β_{13} : 0,625 | |
| | β_{21} : -0,297 | β_{22} : 0,532 | β_{23} : 0,183 | |
| | β_{31} : 1,806 | β_{32} : -0,287 | β_{33} : -0,285 | |
| | β_{41} : -0,130 | β_{42} : -0,146 | β_{43} : 0,719 | |
| | β_{51} : 0,505 | β_{52} : 0,918 | β_{53} : 0,575 | |
| | β_{61} : 0,558 | β_{62} : 0,675 | β_{63} : 1,050 | |
| | β_{71} : 0,377 | β_{72} : 0,033 | β_{73} : 0,904 | |
| | β_{81} : 0,572 | β_{82} : 0,310 | β_{83} : -0,558 | |
| | B_1 : -0,104 | B_2 : 0,679 | B_3 : 1,258 | |
| | B_4 : 0,719 | B_5 : -0,595 | B_6 : -0,069 | |
| | B_7 : -0,060 | B_8 : 0,927 | | |
| | α_{11} : 1,035 | α_{12} : -0,315 | α_{13} : -1,545 | |
| | α_{14} : 0,580 | α_{15} : 1,165 | α_{16} : 0,895 | |
| | α_{17} : 0,962 | α_{18} : 0,839 | α_{21} : 1,181 | |

Lampiran 48: Lanjutan

| Model | Nilai Bobot | | |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Kediri 18.30 | β_{11} : 0,627 | β_{12} : 0,308 | β_{13} : 0,334 |
| | β_{21} : -2,296 | β_{22} : -0,251 | β_{23} : 0,067 |
| | β_{31} : 1,222 | β_{32} : 0,405 | β_{33} : -0,145 |
| | B_1 : 0,193 | B_2 : -1,485 | B_3 : 0,906 |
| | α_{11} : 1,030 | α_{12} : 2,844 | α_{13} : 0,299 |
| | α_{21} : 1,100 | | |
| Model | Nilai Bobot | | |
| Ngimbang 22.30 | β_{11} : 0,384 | β_{12} : 0,502 | β_{13} : 0,602 |
| | β_{21} : -0,519 | β_{22} : 0,633 | β_{23} : 0,595 |
| | β_{31} : 1,775 | β_{32} : 0,027 | β_{33} : -0,310 |
| | β_{41} : -0,052 | β_{42} : -0,242 | β_{43} : 0,706 |
| | β_{51} : 0,394 | β_{52} : 0,500 | β_{53} : 0,443 |
| | β_{61} : 0,499 | β_{62} : 0,533 | β_{63} : 1,004 |
| | β_{71} : 0,338 | β_{72} : 0,022 | β_{73} : 0,878 |
| | β_{81} : 0,911 | β_{82} : 0,071 | β_{83} : -0,738 |
| | B_1 : -0,145 | B_2 : 0,825 | B_3 : 1,310 |
| | B_4 : 0,581 | B_5 : -0,643 | B_6 : -0,004 |
| | B_7 : -0,184 | B_8 : 0,902 | |
| | α_{11} : 1,054 | α_{12} : 0,496 | α_{13} : -1,802 |
| | α_{14} : 0,450 | α_{15} : 1,239 | α_{16} : 0,866 |
| | α_{17} : 0,938 | α_{18} : 0,738 | α_{21} : 0,991 |
| Model | Nilai Bobot | | |
| Paiton 22.30 | β_{11} : 0,477 | β_{12} : 0,336 | β_{13} : 0,229 |
| | β_{21} : -0,842 | β_{22} : 0,060 | β_{23} : 0,625 |
| | β_{31} : 0,783 | β_{32} : 0,559 | β_{33} : -0,127 |
| | β_{41} : 0,017 | β_{42} : -0,224 | β_{43} : 0,805 |
| | β_{51} : 0,722 | β_{52} : 0,722 | β_{53} : 0,311 |
| | β_{61} : 0,690 | β_{62} : 0,628 | β_{63} : 1,538 |
| | B_1 : 0,596 | B_2 : -0,031 | B_3 : 0,750 |
| | B_4 : 0,390 | B_5 : 0,104 | B_6 : -1,403 |
| | α_{11} : 0,362 | α_{12} : 0,692 | α_{13} : 0,373 |
| | α_{14} : 0,568 | α_{15} : 0,960 | α_{16} : 0,659 |
| | α_{21} : 0,566 | | |
| Model | Nilai Bobot | | |
| Paiton 18.30 | β_{11} : 0,468 | β_{12} : 0,655 | β_{13} : 0,553 |
| | β_{21} : -0,755 | β_{22} : 0,148 | β_{23} : 0,890 |
| | β_{31} : 2,683 | β_{32} : -0,612 | β_{33} : 0,680 |
| | β_{41} : 0,215 | β_{42} : -0,296 | β_{43} : 0,853 |
| | β_{51} : 0,803 | β_{52} : 1,088 | β_{53} : 0,470 |
| | β_{61} : 0,696 | β_{62} : 0,800 | β_{63} : 1,073 |
| | β_{71} : 0,379 | β_{72} : -0,032 | β_{73} : 0,832 |
| | β_{81} : 0,414 | β_{82} : -0,841 | β_{83} : -0,803 |
| | β_{91} : -0,282 | β_{92} : 1,765 | β_{93} : 0,123 |
| | β_{101} : -1,417 | β_{102} : -1,649 | β_{103} : -0,165 |
| | B_1 : 0,374 | B_2 : 0,833 | B_3 : -1,810 |
| | B_4 : -0,492 | B_5 : 1,291 | B_6 : 1,077 |
| | B_7 : -0,174 | B_8 : 0,674 | B_9 : -1,206 |
| | B_{10} : -1,752 | | |
| | α_{11} : 1,111 | α_{12} : 1,207 | α_{13} : 0,002 |
| | α_{14} : 0,428 | α_{15} : 1,347 | α_{16} : 1,262 |
| | α_{17} : 1,262 | α_{18} : 1,152 | α_{19} : 0,113 |
| | α_{110} : 3,057 | α_{21} : 1,649 | |

Lampiran 49 : Persamaan model MLP untuk setiap subsistem

1. Subsistem Krian pukul 11.00

$$\hat{Z}_t = 1,086 + 0,814f^{(h_{1,t})} + 0,618f^{(h_{2,t})} + 1,943f^{(h_{3,t})} + \\ 0,675f^{(h_{4,t})} + 0,403f^{(h_{5,t})} + 1,108f^{(h_{6,t})} + 1,364f^{(h_{7,t})} + \\ 0,735f^{(h_{8,t})} + 1,274f^{(h_{9,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1; \\ f^{(h_{4,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1; f^{(h_{5,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{5,t})}} - 1; f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{6,t})}} - 1; \\ f^{(h_{7,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{7,t})}} - 1; f^{(h_{8,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{8,t})}} - 1; f^{(h_{9,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{9,t})}} - 1;$$

$$h_{1,t} = 0,264 + 0,316Y_{t-1} + 0,585Y_{t-2} + 0,207Y_{t-3} - 0,145Y_{t-7} - 0,642Y_{t-8} - \\ 0,103Y_{t-9} + 0,793Y_{t-10} - 0,260Y_{t-14} + 0,659Y_{t-21} - 0,488Y_{t-22} - \\ 0,519Y_{t-28} - 0,195Y_{t-29} + 0,167Y_{t-35} - 0,043Y_{t-36} + 0,854Y_{t-42} - \\ 0,985Y_{t-43} \\ h_{2,t} = -1,087 + 1,044Y_{t-1} + 1,132Y_{t-2} - 0,380Y_{t-3} + 0,481Y_{t-7} - 0,002Y_{t-8} + \\ 1,624Y_{t-9} - 0,663Y_{t-10} + 0,342Y_{t-14} - 0,137Y_{t-21} + 0,997Y_{t-22} - \\ 0,340Y_{t-28} - 0,233Y_{t-29} - 0,386Y_{t-35} - 0,567Y_{t-36} - 0,275Y_{t-42} - \\ 0,455Y_{t-43} \\ h_{3,t} = -0,826 - 0,321Y_{t-1} + 0,981Y_{t-2} - 1,195Y_{t-3} - 0,469Y_{t-7} - 0,558Y_{t-8} - \\ 0,379Y_{t-9} + 0,612Y_{t-10} + 0,378Y_{t-14} - 1,073Y_{t-21} + 0,103Y_{t-22} + \\ 0,149Y_{t-28} + 0,350Y_{t-29} - 0,599Y_{t-35} - 0,362Y_{t-36} - 0,298Y_{t-42} - \\ 0,869Y_{t-43} \\ h_{4,t} = 1,012 + 0,146Y_{t-1} - 0,462Y_{t-2} - 0,140Y_{t-3} - 0,321Y_{t-7} + 0,348Y_{t-8} + \\ 0,921Y_{t-9} + 0,702Y_{t-10} + 0,603Y_{t-14} + 0,258Y_{t-21} - 0,028Y_{t-22} - \\ 0,598Y_{t-28} + 0,967Y_{t-29} + 0,293Y_{t-35} - 1,182Y_{t-36} + 0,667Y_{t-42} - \\ 0,275Y_{t-43} \\ h_{5,t} = -0,941 + 0,293Y_{t-1} - 1,227Y_{t-2} + 0,898Y_{t-3} - 0,189Y_{t-7} - 0,079Y_{t-8} - \\ 0,223Y_{t-9} + 0,304Y_{t-10} - 0,696Y_{t-14} + 1,496Y_{t-21} - 0,587Y_{t-22} - \\ 0,652Y_{t-28} + 0,646Y_{t-29} - 0,457Y_{t-35} - 0,136Y_{t-36} + 0,360Y_{t-42} - \\ 0,733Y_{t-43} \\ h_{6,t} = 1,485 + 0,987Y_{t-1} + 0,957Y_{t-2} - 0,519Y_{t-3} + 0,390Y_{t-7} - 0,016Y_{t-8} + \\ 0,022Y_{t-9} - 0,351Y_{t-10} - 0,107Y_{t-14} - 0,180Y_{t-21} + 0,407Y_{t-22} - \\ 0,431Y_{t-28} + 0,055Y_{t-29} - 0,614Y_{t-35} - 0,350Y_{t-36} - 0,070Y_{t-42} - \\ 1,024Y_{t-43} \\ h_{7,t} = -0,822 - 0,228Y_{t-1} + 1,225Y_{t-2} - 0,570Y_{t-3} + 1,617Y_{t-7} - 1,286Y_{t-8} + \\ 0,353Y_{t-9} - 0,566Y_{t-10} - 0,663Y_{t-14} - 0,628Y_{t-21} - 0,703Y_{t-22} - \\ 0,162Y_{t-28} + 0,247Y_{t-29} + 0,217Y_{t-35} - 0,623Y_{t-36} + 0,837Y_{t-42} + \\ 0,820Y_{t-43} \\ h_{8,t} = 0,924 + 0,559Y_{t-1} - 0,099Y_{t-2} - 0,188Y_{t-3} - 0,151Y_{t-7} - 1,278Y_{t-8} - \\ 0,475Y_{t-9} + 0,783Y_{t-10} + 0,189Y_{t-14} + 0,242Y_{t-21} - 1,230Y_{t-22} + \\ 0,743Y_{t-28} + 0,703Y_{t-29} + 0,021Y_{t-35} - 0,082Y_{t-36} + 0,047Y_{t-42} + \\ 0,209Y_{t-43} \\ h_{9,t} = -0,583 + 0,849Y_{t-1} + 0,399Y_{t-2} - 0,649Y_{t-3} + 0,650Y_{t-7} - 0,137Y_{t-8} + \\ 1,026Y_{t-9} - 0,542Y_{t-10} + 0,490Y_{t-14} + 0,350Y_{t-21} + 0,798Y_{t-22} + \\ 0,361Y_{t-28} + 0,209Y_{t-29} - 0,485Y_{t-35} - 0,414Y_{t-36} + 0,277Y_{t-42} \\ - 0,350Y_{t-43}$$

2. Subsistem Krian pukul 23.00

$$\hat{Z}_t = 0,970 + 0,644f^{(h_{1,t})} + 0,694f^{(h_{2,t})} - 0,167f^{(h_{3,t})} + 1,844f^{(h_{4,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1; \\ f^{(h_{4,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1;$$

$$h_{1,t} = 0,369 - 0,239Y_{t-1} + 0,212Y_{t-2} + 0,014Y_{t-8} - 0,245Y_{t-9}$$

Lampiran 49: Lanjutan

$$\begin{aligned}h_{2,t} &= 0,916 - 0,163Y_{t-1} - 0,376Y_{t-2} + 0,153Y_{t-8} + 1,190Y_{t-9} \\h_{3,t} &= 1,040 - 0,701Y_{t-1} - 1,198Y_{t-2} + 0,484Y_{t-8} - 0,594Y_{t-9} \\h_{4,t} &= -0,901 - 1,751Y_{t-1} - 1,234Y_{t-2} + 0,253Y_{t-8} + 0,278Y_{t-9}\end{aligned}$$

3. Subsistem Ngimbang pukul 19.30

$$\begin{aligned}\hat{Z}_t &= 1,181 + 1,035f^{(h_{1,t})} - 0,315f^{(h_{2,t})} - 1,545f^{(h_{3,t})} + 0,580f^{(h_{4,t})} + \\&1,165f^{(h_{5,t})} + 0,895f^{(h_{6,t})} + 0,962f^{(h_{7,t})} + 0,839f^{(h_{8,t})}\end{aligned}$$

Dengan,

$$\begin{aligned}f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1; \\f^{(h_{4,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1; f^{(h_{5,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{5,t})}} - 1; f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{6,t})}} - 1; \\f^{(h_{7,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{7,t})}} - 1; f^{(h_{8,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{8,t})}} - 1;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_{1,t} &= -0,104 + 0,415Y_{t-1} + 0,625Y_{t-7} + 0,625Y_{t-8} \\h_{2,t} &= 0,679 - 0,297Y_{t-1} + 0,532Y_{t-7} + 0,183Y_{t-8} \\h_{3,t} &= 1,258 + 1,806Y_{t-1} - 0,287Y_{t-7} - 0,285Y_{t-8} \\h_{4,t} &= 0,719 - 0,130Y_{t-1} - 0,146Y_{t-7} + 0,719Y_{t-8} \\h_{5,t} &= -0,595 + 0,505Y_{t-1} + 0,918Y_{t-7} + 0,575Y_{t-8} \\h_{6,t} &= -0,069 + 0,558Y_{t-1} + 0,675Y_{t-7} + 1,050Y_{t-8} \\h_{7,t} &= -0,060 + 0,377Y_{t-1} + 0,033Y_{t-7} + 0,904Y_{t-8} \\h_{8,t} &= 0,927 + 0,572Y_{t-1} + 0,310Y_{t-7} - 0,558Y_{t-8}\end{aligned}$$

4. Subsistem Ngimbang pukul 22.30

$$\begin{aligned}\hat{Z}_t &= 0,991 + 1,054f^{(h_{1,t})} + 0,496f^{(h_{2,t})} - 1,802f^{(h_{3,t})} + 0,450f^{(h_{4,t})} \\&+ 1,239f^{(h_{5,t})} + 0,866f^{(h_{6,t})} + 0,938f^{(h_{7,t})} + 0,738f^{(h_{8,t})}\end{aligned}$$

Dengan,

$$\begin{aligned}f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1; \\f^{(h_{4,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1; f^{(h_{5,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{5,t})}} - 1; f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{6,t})}} - 1; \\f^{(h_{7,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{7,t})}} - 1; f^{(h_{8,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{8,t})}} - 1;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_{1,t} &= -0,145 + 0,384Y_{t-1} + 0,502Y_{t-7} + 0,602Y_{t-8} \\h_{2,t} &= 0,825 - 0,519Y_{t-1} + 0,633Y_{t-7} + 0,595Y_{t-8} \\h_{3,t} &= 1,310 + 1,775Y_{t-1} + 0,027Y_{t-7} - 0,310Y_{t-8} \\h_{4,t} &= 0,581 - 0,052Y_{t-1} - 0,242Y_{t-7} + 0,706Y_{t-8} \\h_{5,t} &= -0,643 + 0,394Y_{t-1} + 0,500Y_{t-7} + 0,443Y_{t-8} \\h_{6,t} &= -0,004 + 0,499Y_{t-1} + 0,533Y_{t-7} + 1,004Y_{t-8} \\h_{7,t} &= -0,184 + 0,338Y_{t-1} + 0,022Y_{t-7} + 0,878Y_{t-8} \\h_{8,t} &= 0,902 + 0,911Y_{t-1} + 0,071Y_{t-7} - 0,738Y_{t-8}\end{aligned}$$

5. Subsistem Paiton pukul 18.30

$$\begin{aligned}\hat{Z}_t &= 1,649 + 1,111f^{(h_{1,t})} + 1,207f^{(h_{2,t})} + 0,002f^{(h_{3,t})} + 0,428f^{(h_{4,t})} \\&+ 1,347f^{(h_{5,t})} + 1,262f^{(h_{6,t})} + 1,262f^{(h_{7,t})} + 1,152f^{(h_{8,t})} + \\&0,113f^{(h_{9,t})} + 3,057f^{(h_{10,t})}\end{aligned}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1;$$

Lampiran 49: Lanjutan

$$\begin{aligned} f^{(h_{4,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1; f^{(h_{5,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{5,t})}} - 1; f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{6,t})}} - 1; \\ f^{(h_{7,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{7,t})}} - 1; f^{(h_{8,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{8,t})}} - 1; f^{(h_{9,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{9,t})}} - 1; \\ f^{(h_{10,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{10,t})}} - 1; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{1,t} &= 0,374 + 0,468Y_{t-1} + 0,655Y_{t-7} + 0,553Y_{t-8} \\ h_{2,t} &= 0,833 + -0,755Y_{t-1} + 0,148Y_{t-7} + 0,890Y_{t-8} \\ h_{3,t} &= -1,810 + 2,683Y_{t-1} - 0,612Y_{t-7} + 0,680Y_{t-8} \\ h_{4,t} &= -0,492 + 0,215Y_{t-1} - 0,296Y_{t-7} + 0,853Y_{t-8} \\ h_{5,t} &= 1,291 + 0,803Y_{t-1} + 1,088Y_{t-7} + 0,470Y_{t-8} \\ h_{6,t} &= 1,077 + 0,690Y_{t-1} + 0,800Y_{t-7} + 1,073Y_{t-8} \\ h_{7,t} &= -0,174 + 0,379Y_{t-1} - 0,032Y_{t-7} + 0,832Y_{t-8} \\ h_{8,t} &= 0,674 + 0,414Y_{t-1} - 0,841Y_{t-7} - 0,803Y_{t-8} \\ h_{9,t} &= -1,206 - 0,282Y_{t-1} + 1,765Y_{t-7} + 0,123Y_{t-8} \\ h_{10,t} &= -1,752 - 1,417Y_{t-1} - 1,649Y_{t-7} - 0,165Y_{t-8} \end{aligned}$$

6. Subsistem Paiton pukul 22.30

$$\hat{Z}_t = 0,566 + 0,362f^{(h_{1,t})} + 0,692f^{(h_{2,t})} + 0,373f^{(h_{3,t})} + 0,568f^{(h_{4,t})} + 0,960f^{(h_{5,t})} + 0,659f^{(h_{6,t})}$$

Dengan,

$$\begin{aligned} f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1; \\ f^{(h_{4,t})} &= \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1; f^{(h_{5,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{5,t})}} - 1; f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{6,t})}} - 1; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{1,t} &= 0,596 + 0,477Y_{t-1} + 0,336Y_{t-7} + 0,229Y_{t-8} \\ h_{2,t} &= -0,031 + -0,842Y_{t-1} + 0,060Y_{t-7} + 0,625Y_{t-8} \\ h_{3,t} &= 0,750 + 0,783Y_{t-1} + 0,559Y_{t-7} + -0,127Y_{t-8} \\ h_{4,t} &= 0,39 + 0,017Y_{t-1} + -0,224Y_{t-7} + 0,805Y_{t-8} \\ h_{5,t} &= 0,960 + 0,722Y_{t-1} + 0,722Y_{t-7} + 0,311Y_{t-8} \\ h_{6,t} &= 0,659 + 0,690Y_{t-1} + 0,628Y_{t-7} + 1,538Y_{t-8} \end{aligned}$$

7. Subsistem Kediri pukul 18.30

$$\hat{Z}_t = 1,100 + 1,030f^{(h_{1,t})} + 2,844f^{(h_{2,t})} + 0,299f^{(h_{3,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1;$$

$$\begin{aligned} h_{1,t} &= 0,193 + 0,627Y_{t-1} + 0,308Y_{t-7} + 0,334Y_{t-8} \\ h_{2,t} &= -1,485 + -2,296Y_{t-1} + -0,251Y_{t-7} + 0,067Y_{t-8} \\ h_{3,t} &= 0,906 + 1,222Y_{t-1} + 0,405Y_{t-7} + -0,145Y_{t-8} \end{aligned}$$

8. Subsistem Kediri pukul 05.30

$$\hat{Z}_t = 1,154 + 0,401f^{(h_{1,t})} + 1,931f^{(h_{2,t})} + 0,080f^{(h_{3,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1;$$

$$\begin{aligned} h_{1,t} &= -0,700 + Y_{t-1} + 1,306Y_{t-7} + 0,905Y_{t-8} \\ h_{2,t} &= -0,863 \pm 1,831Y_{t-1} \pm 0,328Y_{t-7} + 0,406Y_{t-8} \end{aligned}$$

Lampiran 49: Lanjutan

$$h_{3,t} = 1,088 + 0,815Y_{t-1} + 0,281Y_{t-7} + 0,527Y_{t-8}$$

9. Subsistem Krian-Gresik pukul 15.00

$$\hat{Z}_t = 1,367 + 0,467f^{(h_{1,t})} + 0,973f^{(h_{2,t})} + 0,194f^{(h_{3,t})} + 1,743f^{(h_{4,t})} \\ + 0,993f^{(h_{5,t})} + 1,216f^{(h_{6,t})} + 2,246f^{(h_{7,t})} + 1,019f^{(h_{8,t})} + 1,459f^{(h_{9,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1; \\ f^{(h_{4,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{4,t})}} - 1; f^{(h_{5,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{5,t})}} - 1; f^{(h_{6,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{6,t})}} - 1; \\ f^{(h_{7,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{7,t})}} - 1; f^{(h_{8,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{8,t})}} - 1; f^{(h_{9,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{9,t})}} - 1;$$

$$h_{1,t} = 0,930 + 0,441Y_{t-1} + 0,004Y_{t-2} + 0,598Y_{t-7} - 0,428Y_{t-8} - 0,441Y_{t-9} + \\ 0,033Y_{t-14} + 1,341Y_{t-15} + 0,048Y_{t-16} + 0,409Y_{t-21} - 0,519Y_{t-22} - \\ 0,159Y_{t-28} - 0,336Y_{t-29} \\ h_{2,t} = -0,214 - 0,109Y_{t-1} + 0,915Y_{t-2} - 0,957Y_{t-7} + 0,709Y_{t-8} + 0,948Y_{t-9} + \\ 0,390Y_{t-14} - 0,391Y_{t-15} + 0,641Y_{t-16} + 0,726Y_{t-21} + 0,976Y_{t-22} - \\ 0,960Y_{t-28} + 0,369Y_{t-29} \\ h_{3,t} = 1,427 + 0,980Y_{t-1} + 1,765Y_{t-2} - 0,240Y_{t-7} + 0,215Y_{t-8} + 0,090Y_{t-9} - \\ 0,659Y_{t-14} + 0,271Y_{t-15} + 0,137Y_{t-16} + -0,265Y_{t-21} + 0,506Y_{t-22} + \\ -1,525Y_{t-28} + 1,006Y_{t-29} \\ h_{4,t} = -0,997 + 0,954Y_{t-1} + -1,117Y_{t-2} + 1,382Y_{t-7} - 0,508Y_{t-8} + 0,374Y_{t-9} + \\ 1,592Y_{t-14} + -0,257Y_{t-15} + 1,088Y_{t-16} + -1,812Y_{t-21} + \\ -0,139Y_{t-22} - 2,470Y_{t-28} - 0,050Y_{t-29} \\ h_{5,t} = 0,090 + 0,236Y_{t-1} + -0,029Y_{t-2} + -0,615Y_{t-7} + 0,754Y_{t-8} + 0,647Y_{t-9} + \\ 0,467Y_{t-14} + 0,713Y_{t-15} + 0,356Y_{t-16} + 0,246Y_{t-21} - 0,566Y_{t-22} + \\ 0,788Y_{t-28} + 0,790Y_{t-29} \\ h_{6,t} = 0,926 + 0,807Y_{t-1} - 0,499Y_{t-2} + 0,466Y_{t-7} + 0,717Y_{t-8} - 0,372Y_{t-9} + \\ 1,085Y_{t-14} + 0,100Y_{t-15} + 0,386Y_{t-16} + 0,491Y_{t-21} + 0,671Y_{t-22} - \\ 0,556Y_{t-28} + 0,567Y_{t-29} \\ h_{7,t} = -1,060 - 1,109Y_{t-1} - 0,421Y_{t-2} - 1,265Y_{t-7} - 0,201Y_{t-8} - 0,021Y_{t-9} - \\ 1,798Y_{t-14} + 1,060Y_{t-15} - 0,265Y_{t-16} + 0,408Y_{t-21} + 0,218Y_{t-22} + \\ 0,156Y_{t-28} + 0,894Y_{t-29} \\ h_{8,t} = 1,086 - 1,051Y_{t-1} + 0,098Y_{t-2} + 0,435Y_{t-7} - 1,235Y_{t-8} + 0,334Y_{t-9} - \\ 0,018Y_{t-14} + 0,551Y_{t-15} - 0,897Y_{t-16} - 1,412Y_{t-21} + 0,267Y_{t-22} - \\ 0,719Y_{t-28} + 0,303Y_{t-29} \\ h_{9,t} = -1,320 - 0,987Y_{t-1} + 2,028Y_{t-2} - 0,012Y_{t-7} + 0,596Y_{t-8} - 0,384Y_{t-9} \\ - 0,031Y_{t-14} - 0,727Y_{t-15} - 0,259Y_{t-16} + 0,426Y_{t-21} + 0,416Y_{t-22} \\ + 0,471Y_{t-28} - 1,417Y_{t-29}$$

10. Subsistem Krian-Gresik pukul 22.30

$$\hat{Z}_t = 1,227 + 0,761f^{(h_{1,t})} \pm 0,306f^{(h_{2,t})} - 1,426f^{(h_{3,t})} + 1,122f^{(h_{4,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{2,t})}} - 1; f^{(h_{3,t})} = \frac{2}{1+e^{-(h_{3,t})}} - 1;$$

$$h_{1,t} = 1,123 - 0,331Y_{t-1} - 0,030Y_{t-7} + 0,563Y_{t-8} \\ h_{2,t} = 1,417 - 1,662Y_{t-1} + 0,820Y_{t-7} - 0,275Y_{t-8} \\ h_{3,t} = 0,948 + 2,867Y_{t-1} + 0,093Y_{t-7} - 0,667Y_{t-8} \\ h_{4,t} = 0,948 + 0,408Y_{t-1} - 0,073Y_{t-7} + 1,030Y_{t-8}$$

Lampiran 50 : Persamaan model ARIMA untuk setiap subsistem

1. Subsistem Ngimbang 19.30

$$\begin{aligned} y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,95a_{t-7} - 0,5a_{t-1} + 0,475a_{t-8} - 149I_t^{(71)} \\ & - 109,21I_t^{(342)} - 102,04I_t^{(328)} - 102,33I_t^{(233)} + 77,9S_t^{(43)} - 84,87S_t^{(26)} + 64,86S_t^{(22)} \\ & - 56,41S_t^{(209)} + 60,37I_t^{(44)} - 57,45S_t^{(288)} - 52,77I_t^{(53)} - 54,04I_t^{(56)} - 52,51I_t^{(305)} \\ & + 50,08S_t^{(403)} + 49,1S_t^{(347)} + 66,41S_t^{(378)} - 56,31S_t^{(380)} + 51,02I_t^{(371)} - 54,17I_t^{(20)} \\ & - 47,85I_t^{(212)} \end{aligned}$$

2. Subsistem Ngimbang 22.30

$$\begin{aligned} y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,99a_{t-7} - 0,44a_{t-1} + 0,435a_{t-8} + 114,38I_t^{(24)} \\ & - 92,95S_t^{(209)} - 87,29I_t^{(328)} + 60,18S_t^{(43)} + 63,78I_t^{(308)} - 62,24I_t^{(342)} - 58,78I_t^{(71)} \\ & - 59,16I_t^{(212)} - 60I_t^{(370)} + 55,95S_t^{(59)} - 46,42I_t^{(301)} - 47,3S_t^{(288)} - 45,25I_t^{(207)} \\ & - 45,15I_t^{(281)} + 51,22I_t^{(44)} + 47,73S_t^{(378)} - 41,41S_t^{(346)} - 41,83I_t^{(352)} + 40,86S_t^{(217)} \\ & + 42,53S_t^{(120)} \end{aligned}$$

3. Subsistem Paiton 18.30

$$\begin{aligned} y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,47a_{t-1} - 0,19a_{t-2} - 0,14a_{t-3} - 0,96a_{t-7} + 0,4512a_{t-8} \\ & + 0,182a_{t-9} + 0,134a_{t-10} - 1518,2I_t^{(420)} - 1127,4I_t^{(133)} - 1088,7I_t^{(37)} - 1236,4I_t^{(170)} \\ & - 379,75S_t^{(154)} + 376,22S_t^{(169)} - 470,76S_t^{(117)} - 421,18I_t^{(118)} - 401,19I_t^{(1)} \\ & - 348,65I_t^{(290)} - 252,83I_t^{(161)} - 182,8S_t^{(209)} + 193,12S_t^{(214)} + 151,92S_t^{(164)} \\ & - 203,24I_t^{(77)} + 113,81S_t^{(371)} - 136,13I_t^{(99)} \end{aligned}$$

4. Subsistem Paiton 22.30

$$\begin{aligned} y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,55a_{t-1} - 0,99a_{t-7} - 0,544a_{t-8} + 0,08a_{t-18} \\ & - 0,079a_{t-25} + 1516,7I_t^{(24)} - 1232,2I_t^{(342)} - 1151,1I_t^{(133)} - 944,33I_t^{(30)} - 978,53I_t^{(37)} \\ & - 992,28I_t^{(36)} + 537,15S_t^{(169)} - 394,06S_t^{(154)} - 407,89I_t^{(118)} - 352,93I_t^{(117)} \\ & - 345,27I_t^{(27)} - 328,51I_t^{(1)} - 195,26S_t^{(209)} - 249,43I_t^{(161)} \end{aligned}$$

5. Subsistem Kediri 18.30

$$\begin{aligned} y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,24a_{t-1} - 0,91a_{t-7} + 0,2184a_{t-8} - 708,42I_t^{(37)} \\ & + 747,88S_t^{(142)} - 760,58S_t^{(119)} - 556,18I_t^{(170)} + 423,74S_t^{(116)} - 396,32I_t^{(70)} \\ & - 395,6S_t^{(82)} - 389,86I_t^{(77)} - 282I_t^{(408)} - 255,5I_t^{(41)} + 288,4S_t^{(232)} + 275,64S_t^{(132)} \\ & - 336,91I_t^{(79)} - 240,22S_t^{(333)} - 255,5S_t^{(83)} + 230,18S_t^{(110)} + 215,47S_t^{(326)} \\ & - 225,75S_t^{(9)} - 207,21I_t^{(80)} - 209,08S_t^{(254)} \end{aligned}$$

6. Subsistem Kediri 05.30

$$\begin{aligned} y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 0,19a_{t-1} - 0,23a_{t-2} - 0,97a_{t-7} + 0,184a_{t-8} \\ & + 0,223a_{t-9} - 697,5S_t^{(119)} - 599,68I_t^{(27)} - 429,05I_t^{(25)} - 546,81S_t^{(36)} - 499,8I_t^{(9)} \\ & + 530,72S_t^{(39)} + 489,42S_t^{(116)} - 426,5I_t^{(69)} + 397,68S_t^{(143)} - 349,2I_t^{(71)} - 424,36S_t^{(82)} \\ & - 241,01I_t^{(84)} - 264,6I_t^{(80)} - 245,64I_t^{(132)} - 245,08S_t^{(333)} + 245,51S_t^{(120)} + 223,17S_t^{(326)} \\ & - 252,37S_t^{(92)} + 225,29I_t^{(209)} + 168,28S_t^{(235)} \end{aligned}$$

Lampiran 50: Lanjutan

7. Subsistem Krian 11.00

$$\begin{aligned} y_t = & 0,44y_{t-1} + 0,23y_{t-2} + 0,11y_{t-3} + 0,33y_{t-7} - 0,21y_{t-8} + 0,06y_{t-9} - 0,04y_{t-10} \\ & - 0,22y_{t-14} + 0,15y_{t-21} - 0,15y_{t-22} + 0,01y_{t-28} - 0,01y_{t-29} + 0,1y_{t-35} - 0,1y_{t-36} \\ & + 0,19y_{t-42} + 0,19y_{t-43} + a_t - 319,48I_t^{(37)} - 298,29I_t^{(123)} - 283,75I_t^{(262)} \\ & - 181,32I_t^{(190)} - 144,99S_t^{(207)} - 153,11I_t^{(99)} + 138,68I_t^{(40)} + 115,58I_t^{(80)} \\ & - 120,71I_t^{(121)} + 110,39I_t^{(71)} + 111,64S_t^{(162)} - 111,97I_t^{(90)} - 95,46I_t^{(278)} - 90,88I_t^{(85)} \\ & + 64,91I_t^{(44)} - 88,66I_t^{(14)} - 96,33S_t^{(209)} - 92,39I_t^{(147)} \end{aligned}$$

8. Subsistem Krian 23.00

$$\begin{aligned} y_t = & 0,5y_{t-1} + 0,5y_{t-2} - 0,5y_{t-8} - 0,5y_{t-9} + a_t - 0,2a_{t-2} - 0,99a_{t-7} + + 0,21a_{t-9} \\ & - 339,91I_t^{(150)} - 294,69I_t^{(30)} - 256,15I_t^{(342)} - 298,61I_t^{(37)} - 288,74I_t^{(36)} \\ & + 137,39I_t^{(214)} - 109,23S_t^{(205)} - 121,79I_t^{(408)} + 106,79I_t^{(44)} - 99,3I_t^{(315)} - 104,9S_t^{(207)} \\ & - 97,39I_t^{(90)} - 92,38I_t^{(190)} + 85,47I_t^{(160)} - 77,73I_t^{(99)} - 79,80I_t^{(108)} + 78,09S_t^{(103)} \\ & - 72,35I_t^{(121)} - 74,44I_t^{(31)} - 65,93S_t^{(64)} \end{aligned}$$

9. Subsistem Krian-Gresik 15.00

$$\begin{aligned} y_t = & -0,47y_{t-2} + 0,01y_{t-3} + 1,38y_{t-8} - 0,91y_{t-9} + 0,01y_{t-19} + a_t - 0,25a_{t-2} \\ & - 1604,4I_t^{(370)} - 827,05I_t^{(123)} - 811,31I_t^{(324)} - 853,14I_t^{(170)} - 891,04I_t^{(41)} \\ & - 713,35S_t^{(209)} - 720,6I_t^{(311)} - 539,66I_t^{(31)} - 802,6I_t^{(189)} - 704,64I_t^{(190)} \\ & - 495,11I_t^{(121)} - 606,12I_t^{(99)} - 640,29I_t^{(97)} - 622,74I_t^{(90)} - 591,46I_t^{(308)} \\ & - 693,66I_t^{(218)} + 570,95S_t^{(214)} - 569,89I_t^{(1)} - 363,17I_t^{(107)} - 566,25I_t^{(216)} \end{aligned}$$

10. Subsistem krian-Gresik 22.30

$$\begin{aligned} y_t = & y_{t-1} + y_{t-7} - y_{t-8} + a_t - 1,5a_{t-1} + 0,52a_{t-2} - 0,13a_{t-13} + 0,12a_{t-4} - \\ & 1232,5I_t^{(370)} - 1203,8I_t^{(133)} - 1202I_t^{(352)} - 691,8I_t^{(342)} - 670,57I_t^{(41)} - \\ & 416,27S_t^{(206)} - 607,94I_t^{(222)} - 654,16I_t^{(311)} - 580,87I_t^{(218)} - 562,86I_t^{(30)} - 669I_t^{(37)} - \\ & 621,98I_t^{(36)} - 481,43I_t^{(310)} + 475,32S_t^{(214)} + 470,98I_t^{(250)} + 420,31S_t^{(371)} - \\ & 480,49I_t^{(1)} - 433,34I_t^{(99)} - 341,91S_t^{(209)} - 374,59I_t^{(190)} \end{aligned}$$

Lampiran 51: Hasil Percobaan hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian
pukul 11.00

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 1 | 7,862 | 30,331 | 7,9003 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 1 | 11,596 | 38,321 | 12,441 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 2 | 7,829 | 30,212 | 7,868 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 2 | 11,620 | 38,408 | 12,470 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 3 | 7,741 | 30,182 | 7,802 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 3 | 11,602 | 38,303 | 12,444 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 4 | 7,453 | 29,694 | 7,591 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 4 | 11,582 | 37,992 | 12,410 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 5 | 7,441 | 29,514 | 7,567 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 5 | 11,813 | 38,767 | 12,685 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 6 | 7,849 | 30,067 | 7,885 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 6 | 12,157 | 39,872 | 13,089 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 7 | 7,705 | 30,068 | 7,7605 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 7 | 12,043 | 39,357 | 12,943 |

Lampiran 51: Lanjutan

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 8 | 7,889 | 30,125 | 7,922 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 8 | 12,066 | 39,384 | 12,969 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 9 | 7,490 | 29,656 | 7,613 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 9 | 11,799 | 38,640 | 12,665 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 10 | 7,344 | 29,282 | 7,510 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 14, 21, 22, 28, 29, 35, 36, 42, 43 | 10 | 12,034 | 39,521 | 12,957 |

Lampiran 52: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian
pukul 23.00

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|-------|--------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 1 | 5,802 | 22,701 | 5,815 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 1 | 6,474 | 22,045 | 6,728 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 2 | 5,763 | 22,727 | 5,778 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 2 | 6,515 | 22,098 | 6,772 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 3 | 5,813 | 22,702 | 5,829 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 3 | 6,489 | 22,071 | 6,743 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 4 | 5,841 | 22,645 | 5,859 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 4 | 6,533 | 22,150 | 6,791 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 5 | 5,850 | 22,627 | 5,880 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 5 | 6,671 | 22,487 | 6,942 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 6 | 5,831 | 22,633 | 5,856 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 6 | 6,456 | 22,003 | 6,708 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 7 | 5,876 | 22,553 | 5,918 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 7 | 6,588 | 22,301 | 6,852 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 8 | 5,856 | 22,506 | 5,891 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 8 | 6,542 | 22,144 | 6,800 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 9 | 5,870 | 22,580 | 5,917 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 9 | 6,360 | 21,793 | 6,604 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 10 | 5,840 | 22,590 | 5,875 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 8, 9 | 10 | 6,635 | 22,436 | 6,904 |

Lampiran 53: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem
Krian-Gresik pukul 15.00

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 1 | 30,044 | 231,115 | 10,596 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 1 | 5,925 | 118,261 | 5,612 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 2 | 29,476 | 228,061 | 10,391 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 2 | 5,877 | 116,088 | 5,585 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 3 | 29,534 | 226,827 | 10,269 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 3 | 5,713 | 114,607 | 5,414 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 4 | 29,252 | 226,962 | 10,325 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 4 | 5,836 | 114,222 | 5,555 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 5 | 29,616 | 227,319 | 10,277 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 5 | 5,862 | 117,272 | 5,548 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 6 | 29,338 | 226,497 | 10,324 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 6 | 5,817 | 114,557 | 5,533 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 7 | 29,288 | 223,399 | 10,187 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 7 | 5,546 | 110,701 | 5,302 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 8 | 27,616 | 216,14 | 10,176 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 8 | 5,405 | 103,491 | 5,384 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 9 | 27,715 | 218,566 | 10,009 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 9 | 4,955 | 93,464 | 4,879 |
| <i>In sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 10 | 27,340 | 217,493 | 10,076 |
| <i>Out sample</i> | 1, 2, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21, 22, 28, 29 | 10 | 5,207 | 97,023 | 5,141 |

Lampiran 54: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Krian-Gresik pukul 22.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------|---------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 1 | 5,331 | 100,966 | 5,205 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 1 | 6,784 | 139,819 | 6,236 |
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 2 | 5,307 | 101,085 | 5,199 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 2 | 6,810 | 139,885 | 6,270 |
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 3 | 5,285 | 101,015 | 5,194 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 3 | 6,787 | 139,332 | 6,258 |
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 4 | 5,312 | 101,067 | 5,208 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 4 | 6,767 | 139,250 | 6,234 |
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 5 | 5,291 | 101,108 | 5,197 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 5 | 6,783 | 139,159 | 6,258 |
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 6 | 5,321 | 100,854 | 5,206 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 6 | 6,774 | 139,419 | 6,236 |
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 7 | 5,335 | 100,927 | 5,211 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 7 | 6,761 | 139,431 | 6,219 |
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 8 | 5,348 | 100,904 | 5,215 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 8 | 6,758 | 139,348 | 6,216 |
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 9 | 5,372 | 100,960 | 5,225 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 9 | 6,748 | 139,512 | 6,198 |
| <i>In sample</i> | 1, 7,8 | 10 | 5,344 | 100,874 | 5,205 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7,8 | 10 | 6,762 | 139,241 | 6,222 |

Lampiran 55: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem
Kediri pukul 18.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 22,438 | 57,904 | 10,436 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 18,439 | 222,900 | 20,868 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 22,444 | 57,915 | 10,382 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 18,420 | 222,781 | 20,847 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 22,523 | 57,864 | 10,543 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 18,404 | 222,376 | 20,820 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 22,142 | 57,315 | 10,735 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 18,243 | 220,438 | 20,610 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 22,481 | 57,959 | 10,348 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 18,405 | 222,633 | 20,828 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 22,158 | 57,232 | 10,786 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 18,205 | 219,973 | 20,561 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 22,636 | 57,980 | 10,446 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 18,323 | 221,672 | 20,721 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 22,501 | 57,651 | 10,697 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 18,191 | 220,091 | 20,549 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 22,399 | 57,675 | 10,587 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 18,234 | 220,461 | 20,602 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 21,232 | 56,959 | 10,486 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 18,152 | 219,744 | 20,502 |

Lampiran 56: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem Kediri pukul 05.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 17,105 | 59,911 | 10,929 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 9,950 | 90,849 | 9,125 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 17,127 | 59,947 | 10,921 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 9,962 | 90,907 | 9,136 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 17,201 | 59,948 | 10,945 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 9,967 | 90,967 | 9,140 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 17,259 | 59,836 | 10,961 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 9,993 | 91,188 | 9,155 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 17,134 | 59,971 | 10,948 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 9,960 | 90,936 | 9,133 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 17,254 | 59,884 | 10,955 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 9,976 | 91,071 | 9,144 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 17,184 | 59,943 | 10,884 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 9,974 | 90,917 | 9,145 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 17,246 | 59,884 | 10,963 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 9,961 | 90,962 | 9,133 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 17,328 | 59,840 | 10,975 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 9,959 | 90,951 | 9,130 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 17,107 | 59,984 | 10,979 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 9,909 | 90,604 | 9,095 |

Lampiran 57: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem
Paiton pukul 18.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 2,104 | 37,140 | 2,136 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 23,056 | 354,113 | 25,241 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 2,129 | 37,245 | 2,174 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 23,151 | 355,597 | 25,365 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 2,149 | 37,402 | 2,199 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 23,221 | 356,695 | 25,457 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 2,151 | 37,393 | 2,201 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 23,213 | 356,576 | 25,447 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 2,175 | 37,535 | 2,233 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 23,279 | 357,675 | 25,535 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 2,178 | 37,522 | 2,235 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 23,311 | 358,162 | 25,578 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 2,172 | 37,533 | 2,227 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 23,294 | 357,863 | 25,555 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 2,176 | 37,567 | 2,231 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 23,311 | 358,139 | 25,577 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 2,170 | 37,517 | 2,220 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 23,345 | 358,639 | 25,620 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 2,194 | 37,663 | 2,253 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 23,360 | 359,013 | 25,644 |

Lampiran 58: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem
Paiton pukul 22.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------|---------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 2,640 | 36,246 | 2,842 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 8,675 | 149,411 | 6,930 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 2,651 | 36,038 | 2,901 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 8,627 | 148,909 | 6,890 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 2,602 | 35,948 | 2,747 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 8,615 | 148,794 | 6,879 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 2,591 | 36,036 | 2,706 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 8,637 | 148,993 | 6,898 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 2,625 | 35,974 | 2,815 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 8,607 | 148,724 | 6,872 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 2,591 | 35,955 | 2,719 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 8,630 | 148,957 | 6,891 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 2,558 | 36,036 | 2,629 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 8,671 | 149,332 | 6,927 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 2,538 | 36,049 | 2,591 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 8,672 | 149,355 | 6,927 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 2,534 | 36,073 | 2,578 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 8,675 | 149,407 | 6,929 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 2,585 | 35,856 | 2,695 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 8,629 | 148,970 | 6,890 |

Lampiran 59: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem
Ngimbang pukul 19.30

| | <i>Input Berdasarkan Lag AR</i> | <i>Jumlah Neuron di Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------|--------|-------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 3,382 | 18,814 | 3,375 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 8,816 | 47,458 | 9,298 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 3,385 | 18,838 | 3,379 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 8,880 | 47,727 | 9,367 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 3,380 | 18,813 | 3,372 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 8,838 | 47,534 | 9,322 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 3,370 | 18,762 | 3,363 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 8,742 | 47,090 | 9,216 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 3,377 | 18,797 | 3,367 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 8,726 | 47,057 | 9,200 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 3,355 | 18,675 | 3,340 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 8,602 | 46,453 | 9,063 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 3,374 | 18,780 | 3,358 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 8,556 | 46,303 | 9,013 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 3,368 | 18,749 | 3,351 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 8,540 | 46,202 | 8,996 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 3,346 | 18,648 | 3,326 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 8,577 | 46,344 | 9,036 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 3,364 | 18,718 | 3,341 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 8,536 | 46,179 | 8,991 |

Lampiran 60: Hasil percobaan Hibrida ARIMA dan MLP untuk subsistem
Ngimbang pukul 22.30

| | <i>Input</i> Berdasarkan Lag AR | Jumlah Neuron di <i>Hidden Layer</i> | MAPE | RMSE | SMAPE |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------|---------|--------|
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 4,515 | 22,678 | 4,512 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 1 | 27,579 | 121,472 | 32,075 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 4,519 | 22,7132 | 4,518 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 2 | 27,661 | 121,830 | 32,186 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 4,500 | 22,653 | 4,498 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 3 | 27,543 | 121,343 | 32,028 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 4,502 | 22,670 | 4,499 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 4 | 27,544 | 121,348 | 32,030 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 4,539 | 22,770 | 4,528 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 5 | 27,540 | 121,332 | 32,024 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 4,519 | 22,679 | 4,497 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 6 | 27,425 | 120,847 | 31,870 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 4,563 | 22,858 | 4,536 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 7 | 27,244 | 120,091 | 31,628 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 4,556 | 22,840 | 4,527 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 8 | 27,286 | 120,268 | 31,685 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 4,587 | 22,883 | 4,550 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 9 | 27,356 | 120,566 | 31,779 |
| <i>In sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 4,616 | 23,026 | 4,567 |
| <i>Out sample</i> | 1, 7, 8 | 10 | 27,201 | 119,900 | 31,570 |

Lampiran 61: Hasil ramalan konsumsi beban listrik di setiap subsistem.

| Subsistem | Pukul | Metode | Tanggal | Ramalan |
|--------------|-------|--------|-----------|---------|
| Krian | 11.00 | MLP | 1/4/2015 | 278,34 |
| | | | 2/4/2015 | 292,77 |
| | | | 3/4/2015 | 308,29 |
| | | | 4/4/2015 | 272,53 |
| | | | 5/4/2015 | 201,91 |
| | | | 6/4/2015 | 275,65 |
| | | | 7/4/2015 | 294,77 |
| | | | 8/4/2015 | 280,6 |
| | | | 9/4/2015 | 292,26 |
| | | | 10/4/2015 | 293,13 |
| | | | 11/4/2015 | 263,6 |
| | | | 12/4/2015 | 209,2 |
| | | | 13/4/2015 | 268,14 |
| | | | 14/4/2015 | 290,13 |
| Krian | 15.00 | ARIMA | 1/4/2015 | 297,05 |
| | | | 2/4/2015 | 298,41 |
| | | | 3/4/2015 | 305,16 |
| | | | 4/4/2015 | 279,21 |
| | | | 5/4/2015 | 230,35 |
| | | | 6/4/2015 | 301,81 |
| | | | 7/4/2015 | 302,50 |
| | | | 8/4/2015 | 298,44 |
| | | | 9/4/2015 | 299,80 |
| | | | 10/4/2015 | 306,55 |
| | | | 11/4/2015 | 280,59 |
| | | | 12/4/2015 | 231,74 |
| | | | 13/4/2015 | 303,19 |
| | | | 14/4/2015 | 303,88 |
| Krian | 23.00 | ARIMA | 1/4/2015 | 276,78 |
| | | | 2/4/2015 | 282,64 |
| | | | 3/4/2015 | 280,52 |
| | | | 4/4/2015 | 260,21 |
| | | | 5/4/2015 | 250,59 |
| | | | 6/4/2015 | 284,70 |
| | | | 7/4/2015 | 280,84 |
| | | | 8/4/2015 | 278,57 |
| | | | 9/4/2015 | 283,38 |
| | | | 10/4/2015 | 281,81 |
| | | | 11/4/2015 | 261,21 |
| | | | 12/4/2015 | 251,73 |
| | | | 13/4/2015 | 285,77 |
| | | | 14/4/2015 | 281,95 |
| Krian-Gresik | 14.00 | ARIMA | 1/4/2015 | 1819,38 |
| | | | 2/4/2015 | 1785,85 |
| | | | 3/4/2015 | 1785,19 |
| | | | 4/4/2015 | 1543,45 |
| | | | 5/4/2015 | 1273,99 |
| | | | 6/4/2015 | 1772,36 |
| | | | 7/4/2015 | 1803,27 |
| | | | 8/4/2015 | 1815,42 |
| | | | 9/4/2015 | 1778,82 |
| | | | 10/4/2015 | 1784,02 |
| | | | 11/4/2015 | 1539,51 |
| | | | 12/4/2015 | 1277,24 |
| | | | 13/4/2015 | 1783,95 |
| | | | 14/4/2015 | 1808,89 |

Lampiran 61: Lanjutan

| Subsistem | Pukul | Metode | Tanggal | Ramalan |
|--------------|-------|---------------------|-----------|---------|
| Krian-Gresik | 15.00 | Hibrida ARIMA & MLP | 1/4/2015 | 1794,56 |
| | | | 2/4/2015 | 1749,91 |
| | | | 3/4/2015 | 1782,23 |
| | | | 4/4/2015 | 1392,95 |
| | | | 5/4/2015 | 1210,64 |
| | | | 6/4/2015 | 1809,15 |
| | | | 7/4/2015 | 1803,95 |
| | | | 8/4/2015 | 1822,49 |
| | | | 9/4/2015 | 1818,93 |
| | | | 10/4/2015 | 1888,33 |
| | | | 11/4/2015 | 1455,16 |
| | | | 12/4/2015 | 1302,06 |
| | | | 13/4/2015 | 1784,2 |
| | | | 14/4/2015 | 1828,74 |
| Krian-Gresik | 22.30 | Hibrida ARIMA & MLP | 1/4/2015 | 1633,06 |
| | | | 2/4/2015 | 1616,03 |
| | | | 3/4/2015 | 1581,87 |
| | | | 4/4/2015 | 1437,34 |
| | | | 5/4/2015 | 1353,03 |
| | | | 6/4/2015 | 1606,44 |
| | | | 7/4/2015 | 1594,7 |
| | | | 8/4/2015 | 1611,18 |
| | | | 9/4/2015 | 1595,96 |
| | | | 10/4/2015 | 1572,91 |
| | | | 11/4/2015 | 1428,37 |
| | | | 12/4/2015 | 1344,06 |
| | | | 13/4/2015 | 1597,47 |
| | | | 14/4/2015 | 1585,73 |
| Ngimbang | 13.30 | MLP | 1/4/2015 | 425,02 |
| | | | 2/4/2015 | 433,19 |
| | | | 3/4/2015 | 427,58 |
| | | | 4/4/2015 | 434,63 |
| | | | 5/4/2015 | 414 |
| | | | 6/4/2015 | 410,56 |
| | | | 7/4/2015 | 418,52 |
| | | | 8/4/2015 | 425,22 |
| | | | 9/4/2015 | 430,08 |
| | | | 10/4/2015 | 428,91 |
| | | | 11/4/2015 | 432,21 |
| | | | 12/4/2015 | 424,27 |
| | | | 13/4/2015 | 421,73 |
| | | | 14/4/2015 | 424,25 |
| Ngimbang | 19.30 | MLP | 1/4/2015 | 464,72 |
| | | | 2/4/2015 | 475,19 |
| | | | 3/4/2015 | 479,94 |
| | | | 4/4/2015 | 481,83 |
| | | | 5/4/2015 | 480,62 |
| | | | 6/4/2015 | 479,03 |
| | | | 7/4/2015 | 477,8 |
| | | | 8/4/2015 | 478,26 |
| | | | 9/4/2015 | 479,48 |
| | | | 10/4/2015 | 480,71 |
| | | | 11/4/2015 | 481,74 |
| | | | 12/4/2015 | 482,34 |
| | | | 13/4/2015 | 482,66 |
| | | | 14/4/2015 | 482,81 |

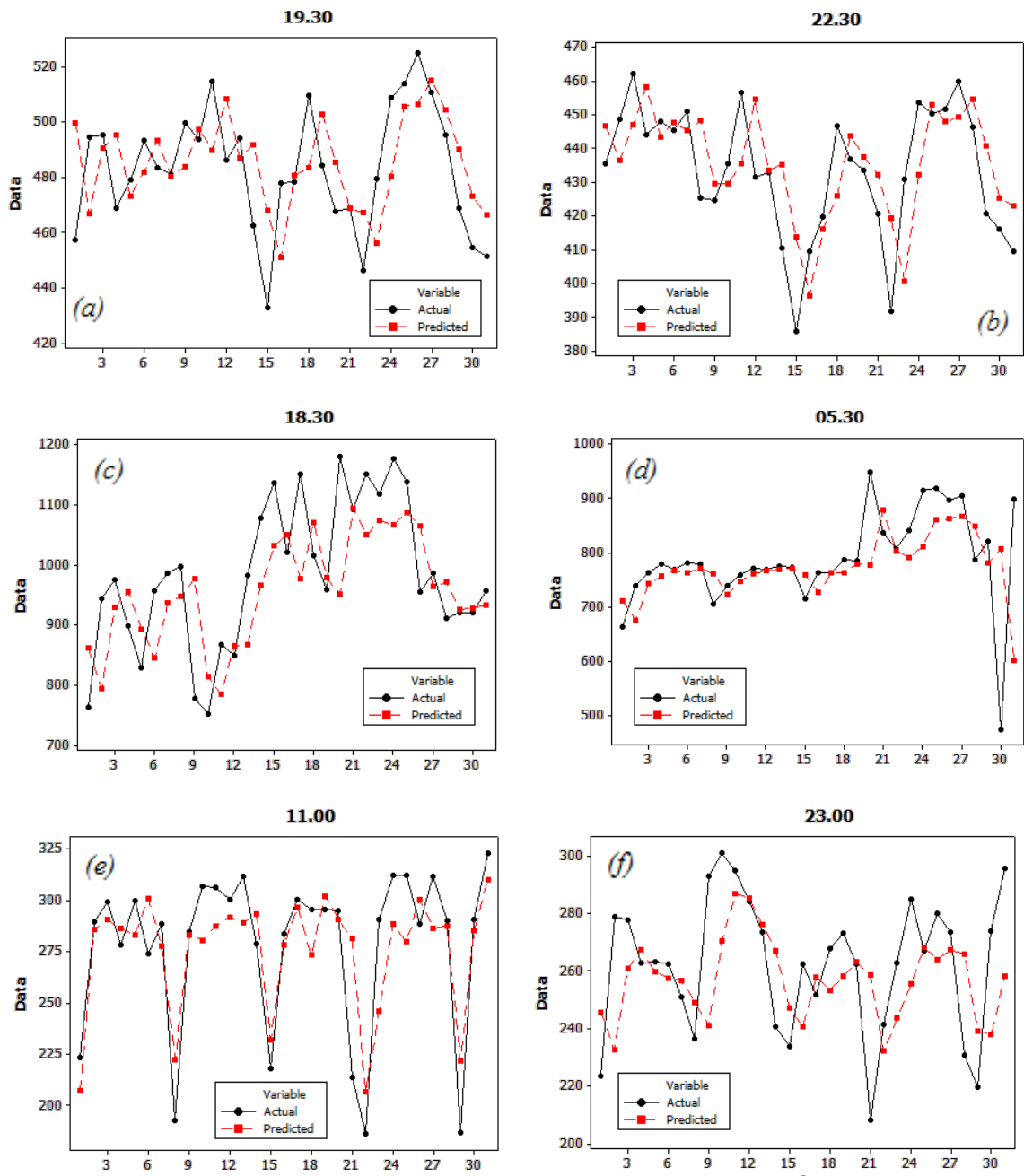
Lampiran 61: Lanjutan

| Subsistem | Pukul | Metode | Tanggal | Ramalan |
|-----------|-------|---------------------------|-----------|---------|
| Ngimbang | 22.30 | MLP | 1/4/2015 | 415,45 |
| | | | 2/4/2015 | 420,79 |
| | | | 3/4/2015 | 425,85 |
| | | | 4/4/2015 | 427,94 |
| | | | 5/4/2015 | 427,93 |
| | | | 6/4/2015 | 428,85 |
| | | | 7/4/2015 | 428,91 |
| | | | 8/4/2015 | 429,9 |
| | | | 9/4/2015 | 431,17 |
| | | | 10/4/2015 | 432,6 |
| | | | 11/4/2015 | 433,79 |
| | | | 12/4/2015 | 434,65 |
| | | | 13/4/2015 | 435,46 |
| | | | 14/4/2015 | 436,08 |
| Paiton | 13.30 | Hibrida ARIMA & MLP | 1/4/2015 | 1418,13 |
| | | | 2/4/2015 | 1312,98 |
| | | | 3/4/2015 | 1404,92 |
| | | | 4/4/2015 | 1320,51 |
| | | | 5/4/2015 | 1189,67 |
| | | | 6/4/2015 | 1414,91 |
| | | | 7/4/2015 | 1434,8 |
| | | | 8/4/2015 | 1421,66 |
| | | | 9/4/2015 | 1316,51 |
| | | | 10/4/2015 | 1408,45 |
| | | | 11/4/2015 | 1324,05 |
| | | | 12/4/2015 | 1193,2 |
| | | | 13/4/2015 | 1418,44 |
| | | | 14/4/2015 | 1438,33 |
| Paiton | 18.30 | MLP | 1/4/2015 | 1393,36 |
| | | | 2/4/2015 | 1541,5 |
| | | | 3/4/2015 | 1567,02 |
| | | | 4/4/2015 | 1545,92 |
| | | | 5/4/2015 | 1569,65 |
| | | | 6/4/2015 | 1587,68 |
| | | | 7/4/2015 | 1596,93 |
| | | | 8/4/2015 | 1488,28 |
| | | | 9/4/2015 | 1515,37 |
| | | | 10/4/2015 | 1528,79 |
| | | | 11/4/2015 | 1525,36 |
| | | | 12/4/2015 | 1534,02 |
| | | | 13/4/2015 | 1543,01 |
| | | | 14/4/2015 | 1549,02 |
| Paiton | 22.30 | MLP | 1/4/2015 | 1363,83 |
| | | | 2/4/2015 | 1337,6 |
| | | | 3/4/2015 | 1335,72 |
| | | | 4/4/2015 | 1320 |
| | | | 5/4/2015 | 1309,07 |
| | | | 6/4/2015 | 1325,5 |
| | | | 7/4/2015 | 1338,41 |
| | | | 8/4/2015 | 1328,68 |
| | | | 9/4/2015 | 1318,06 |
| | | | 10/4/2015 | 1313,87 |
| | | | 11/4/2015 | 1310,41 |
| | | | 12/4/2015 | 1307,31 |
| | | | 13/4/2015 | 1308,41 |
| | | | 14/4/2015 | 1311,16 |

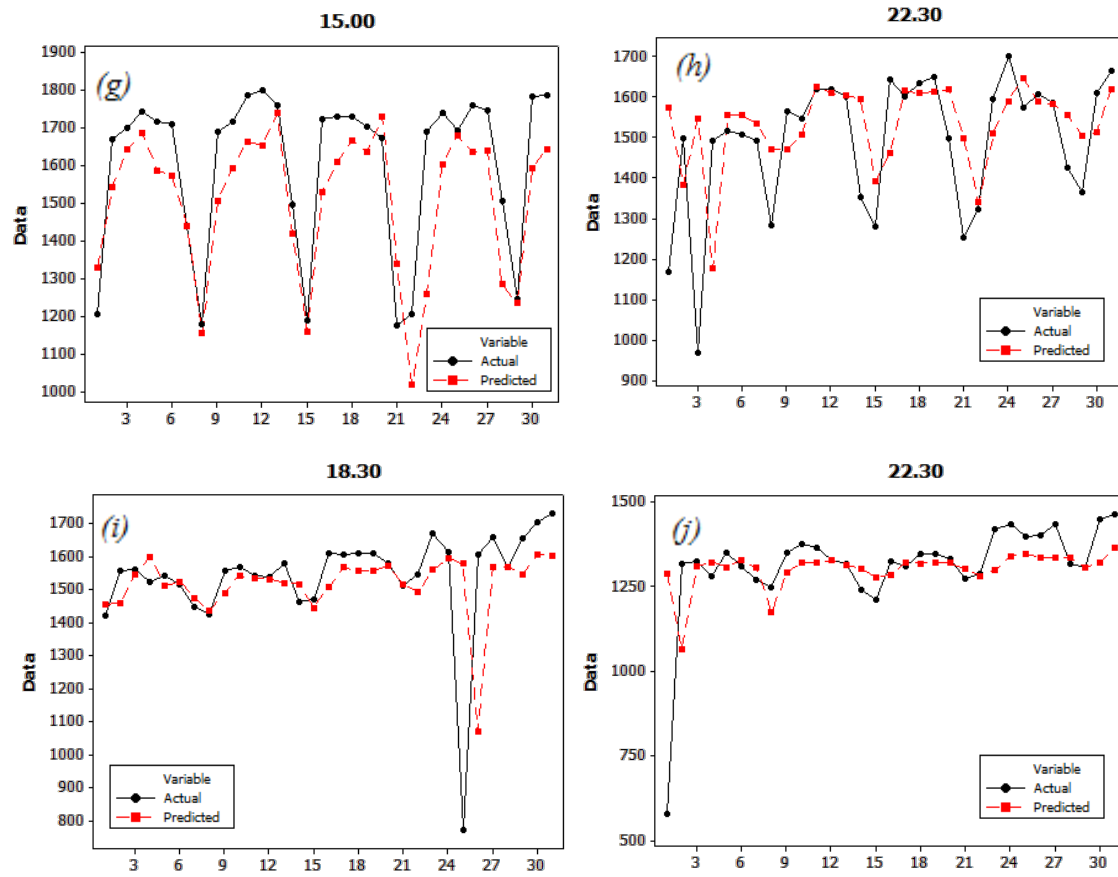
Lampiran 61: Lanjutan

| Subsistem | Pukul | Metode | Tanggal | Ramalan |
|-----------|-------|--------|-----------|---------|
| Kediri | 13.30 | MLP | 1/4/2015 | 767,13 |
| | | | 2/4/2015 | 733,68 |
| | | | 3/4/2015 | 764,44 |
| | | | 4/4/2015 | 747,61 |
| | | | 5/4/2015 | 759,35 |
| | | | 6/4/2015 | 763,16 |
| | | | 7/4/2015 | 735,13 |
| | | | 8/4/2015 | 739,09 |
| | | | 9/4/2015 | 730,3 |
| | | | 10/4/2015 | 735,41 |
| | | | 11/4/2015 | 731,5 |
| | | | 12/4/2015 | 733,52 |
| | | | 13/4/2015 | 734,45 |
| | | | 14/4/2015 | 728,16 |
| Kediri | 18.30 | MLP | 1/4/2015 | 956,01 |
| | | | 2/4/2015 | 938,1 |
| | | | 3/4/2015 | 932,94 |
| | | | 4/4/2015 | 920,69 |
| | | | 5/4/2015 | 914,35 |
| | | | 6/4/2015 | 909,39 |
| | | | 7/4/2015 | 909,5 |
| | | | 8/4/2015 | 908,42 |
| | | | 9/4/2015 | 905,77 |
| | | | 10/4/2015 | 903,76 |
| | | | 11/4/2015 | 901,1 |
| | | | 12/4/2015 | 898,78 |
| | | | 13/4/2015 | 896,7 |
| | | | 14/4/2015 | 895,28 |
| Kediri | 05.30 | MLP | 1/4/2015 | 857,65 |
| | | | 2/4/2015 | 829,66 |
| | | | 3/4/2015 | 814,87 |
| | | | 4/4/2015 | 791,89 |
| | | | 5/4/2015 | 786,66 |
| | | | 6/4/2015 | 741,25 |
| | | | 7/4/2015 | 773,44 |
| | | | 8/4/2015 | 774,82 |
| | | | 9/4/2015 | 773,99 |
| | | | 10/4/2015 | 772,73 |
| | | | 11/4/2015 | 769,67 |
| | | | 12/4/2015 | 767,87 |
| | | | 13/4/2015 | 761,31 |
| | | | 14/4/2015 | 762,46 |

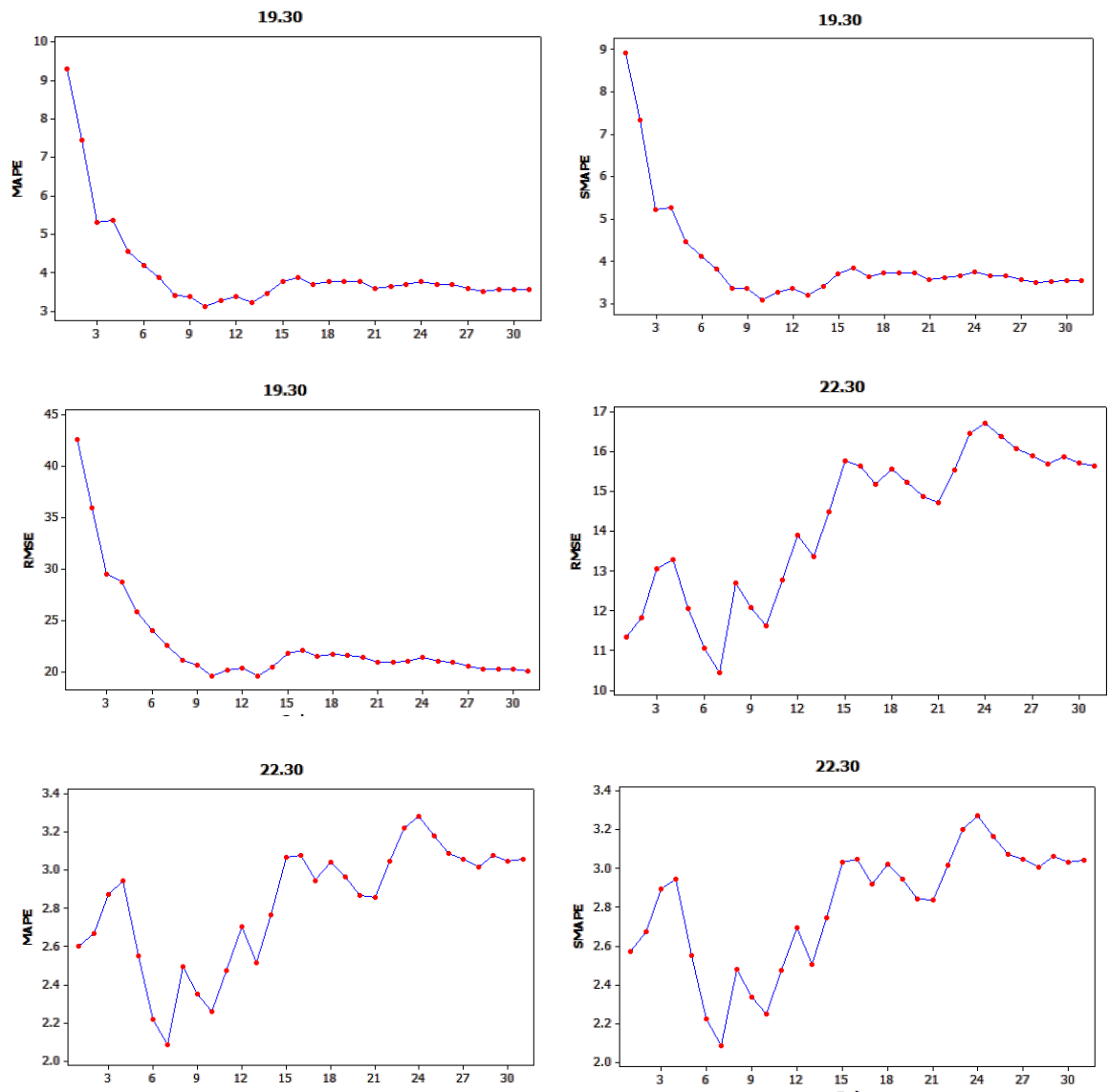
Lampiran 62: *Time series plot* hasil ramalan disetiap subsistem dengan metode MLP berdasarkan data *out sample* Ngimbang 19.30 (a), Ngimbang 22.30 (b), Kediri 18.30 (c), Kediri 05.30 (d), Krian 11.00 (e), Krian 23.00 (f), Krian-Gresik 15.00 (g), Krian-Gresik 22.30 (h), Paiton 18.30 (i), Paiton 22.30 (j)



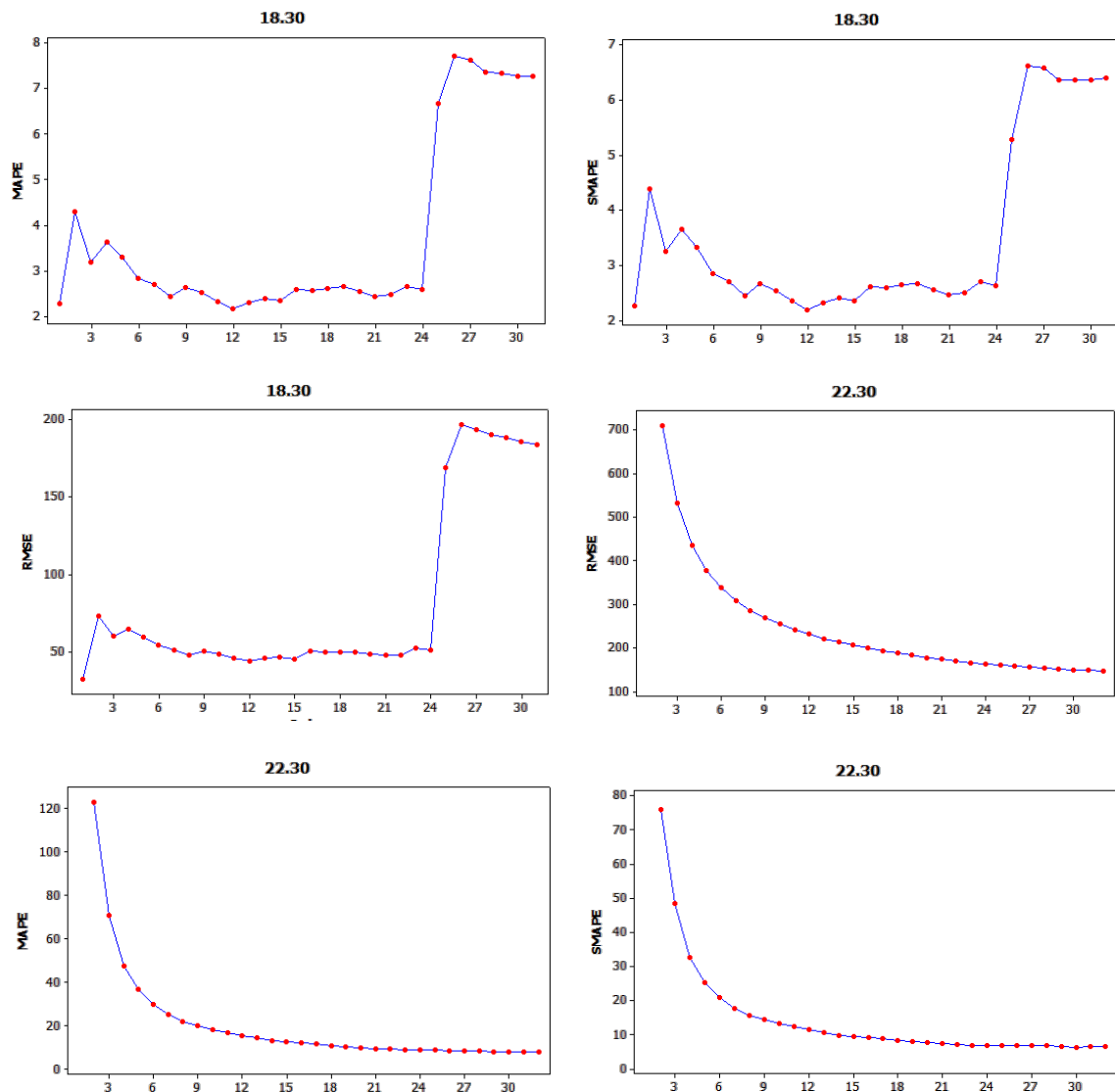
Lampiran 62: Lanjutan



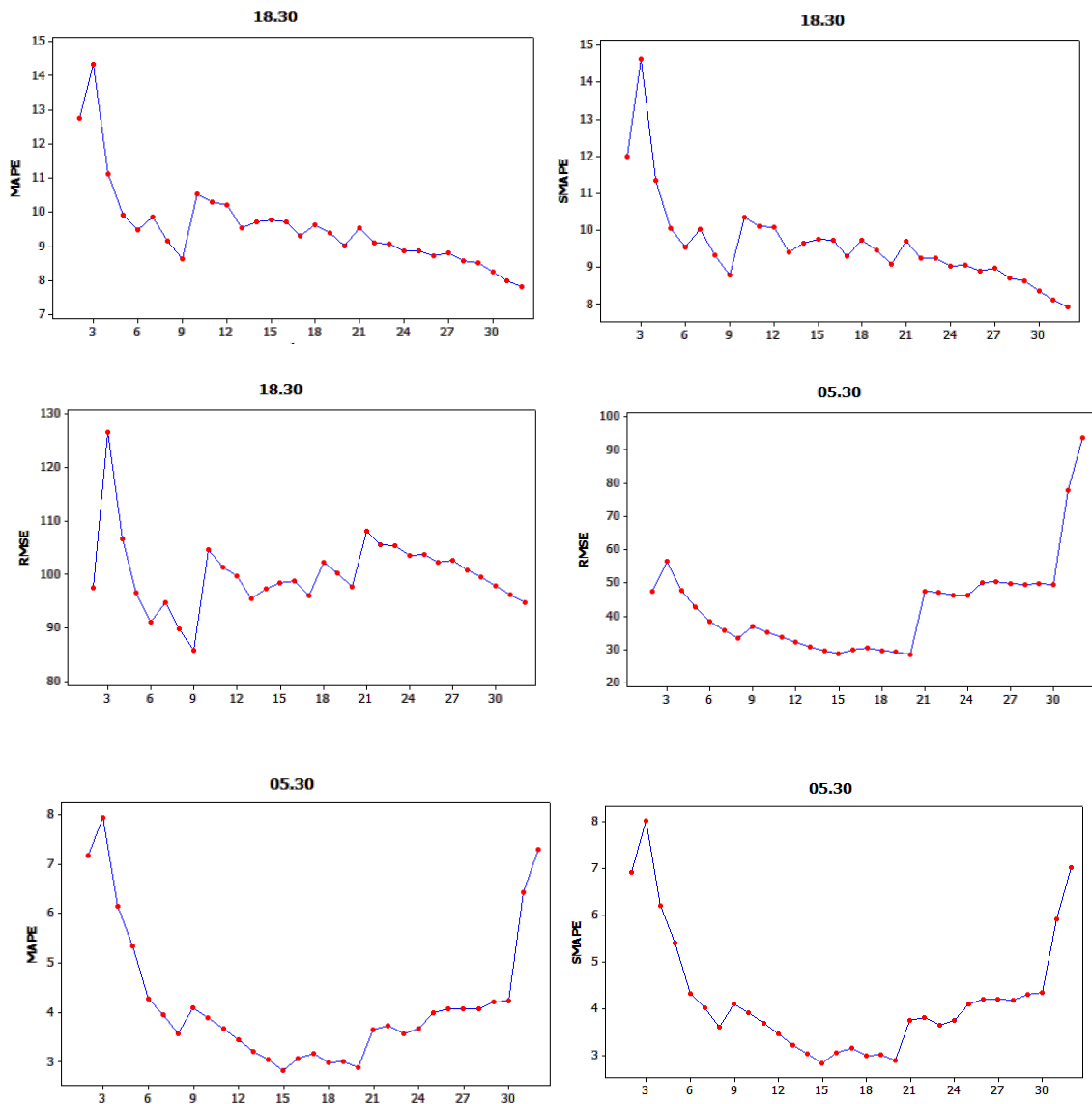
Lampiran 63: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Ngimbang



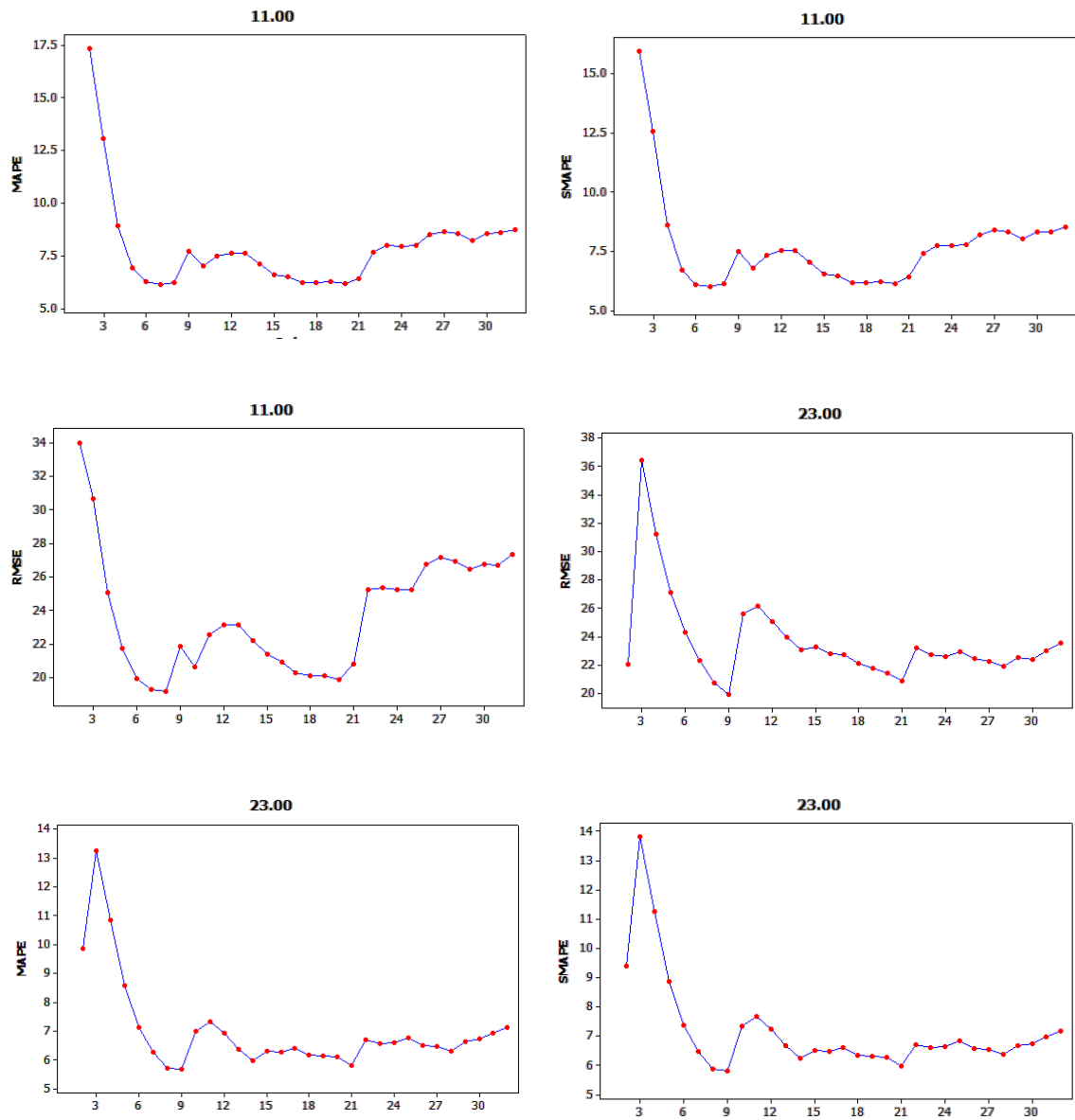
Lampiran 64: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Paiton



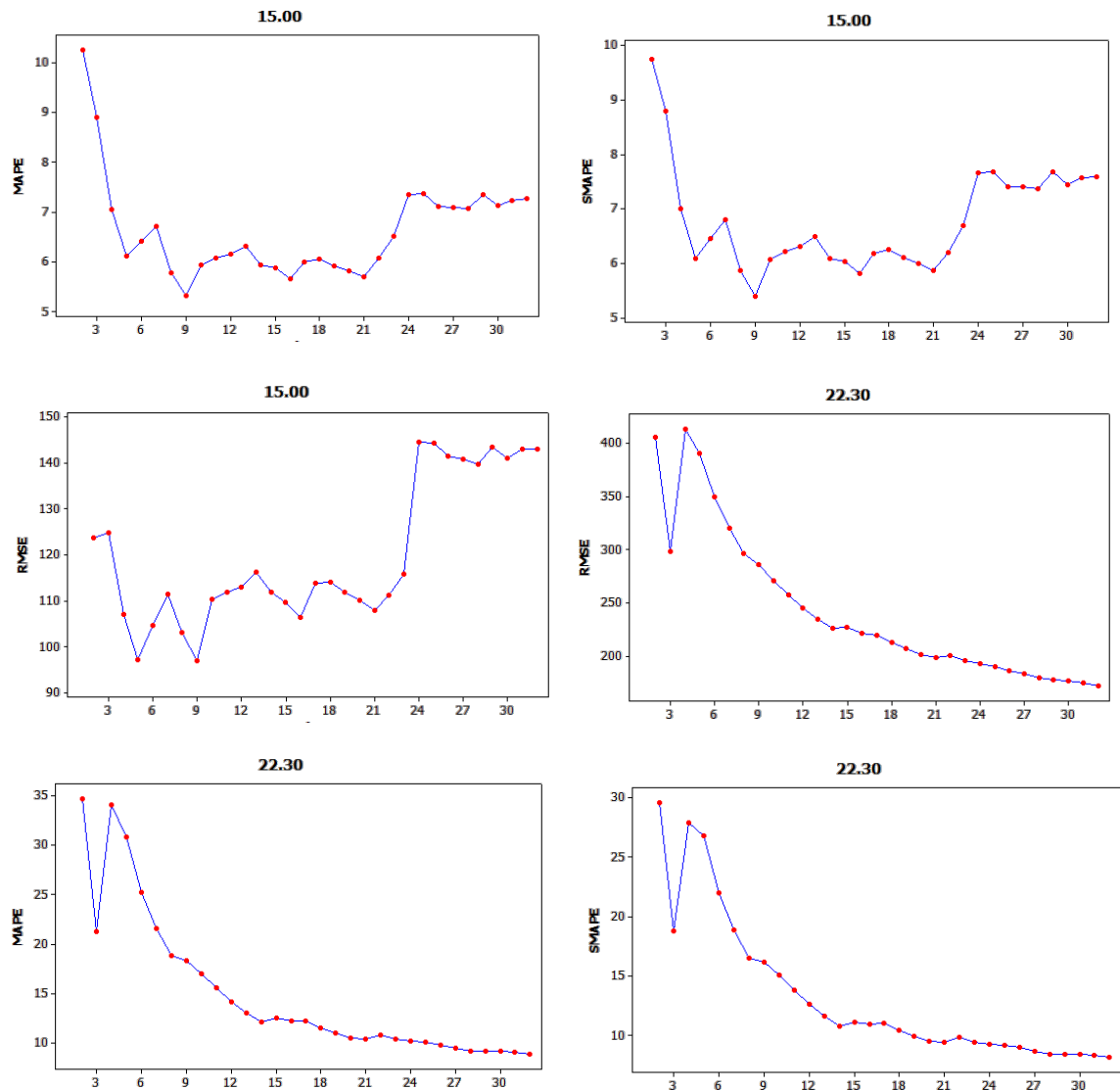
Lampiran 65: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Kediri



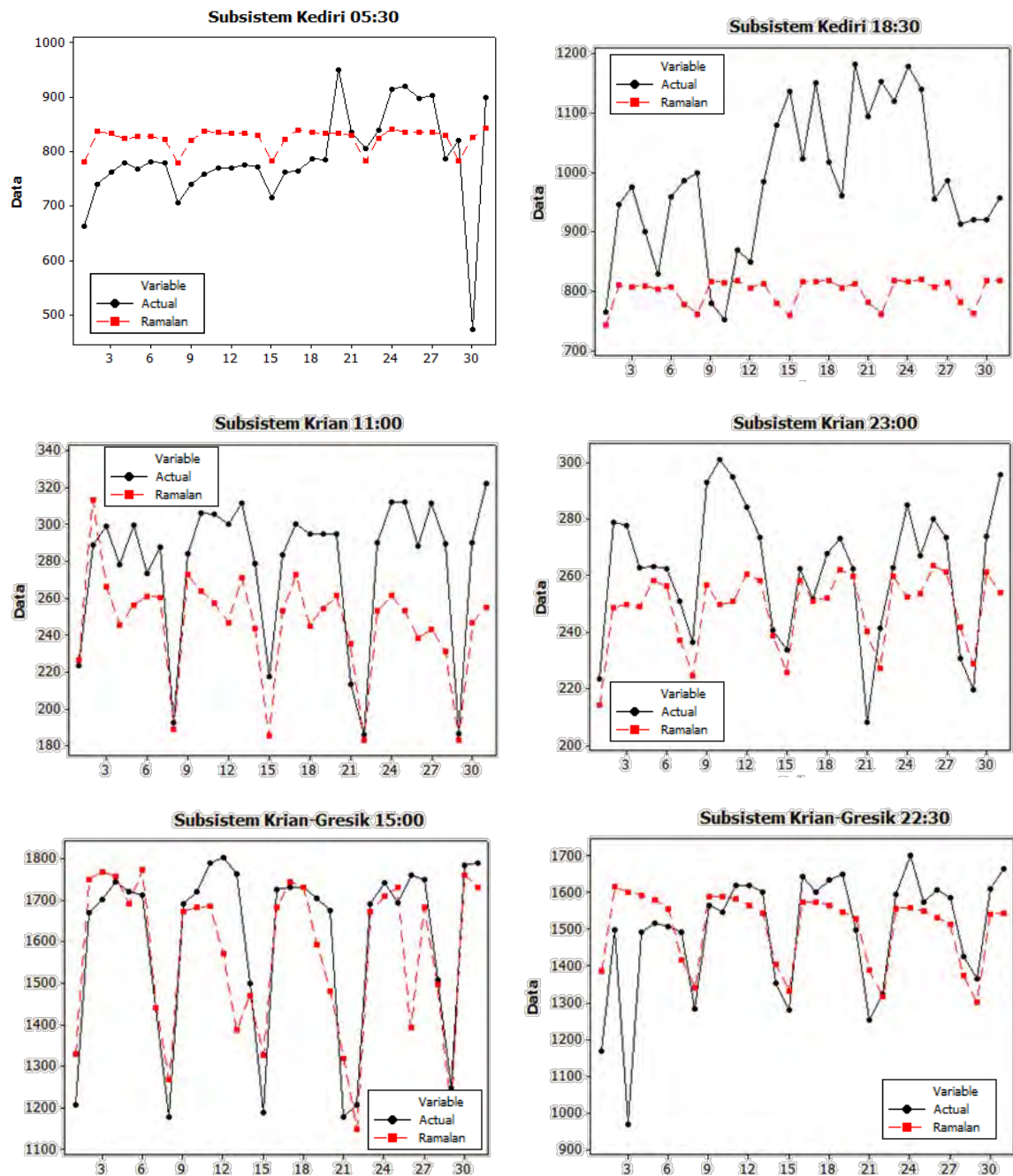
Lampiran 66: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Krian



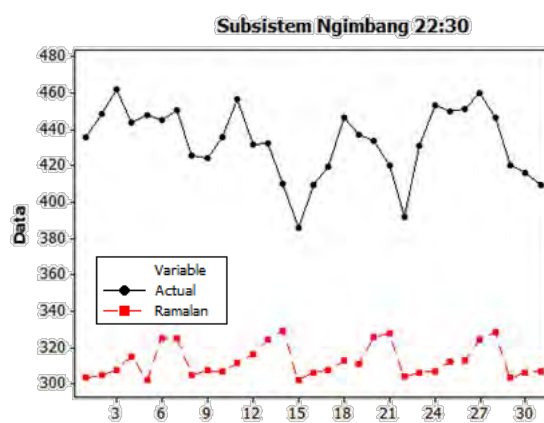
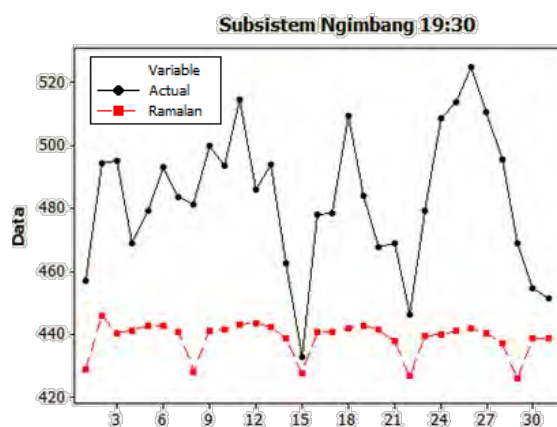
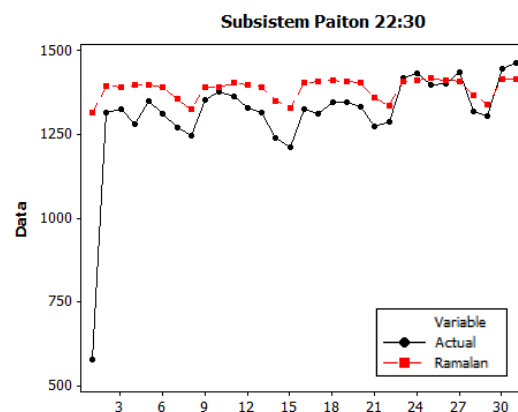
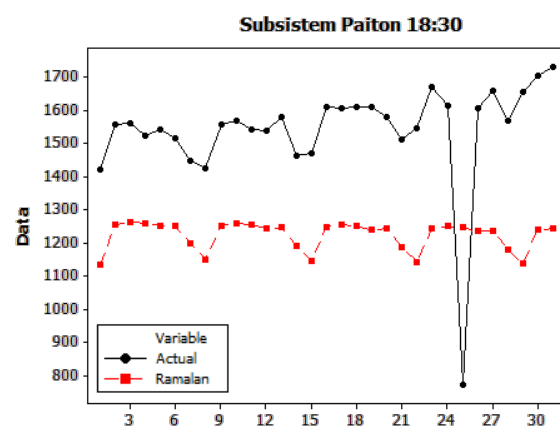
Lampiran 67: Grafik hasil MAPE, SMAPE, dan RMSE metode MLP untuk setiap subsistem Krian-gresik



Lampiran 68: *Times series plot* hasil ramalan berdasarkan *out sample* pada metode hibrida ARIMA & MLP disetiap susistem



Lampiran 68: Lanjutan



Lampiran 69: Nilai Bobot dan Bias dengan metode hibrida ARIMA & MLP di setiap subistem

| Model | Nilai Bobot | | | |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Krian 11.00 | β_{11} : 1,076 | β_{12} : 0,373 | β_{13} : 0,555 | β_{14} : 0,116 |
| | β_{15} : -0,970 | β_{16} : -0,228 | β_{17} : 0,621 | β_{18} : 0,058 |
| | β_{19} : 0,998 | β_{110} : -0,269 | β_{111} : -0,856 | β_{112} : -0,726 |
| | β_{113} : 0,393 | β_{114} : 0,255 | β_{115} : 1,015 | β_{116} : -0,695 |
| | β_{21} : 0,739 | β_{22} : 0,886 | β_{23} : 1,024 | β_{24} : 0,637 |
| | β_{25} : 0,321 | β_{26} : 1,285 | β_{27} : -0,451 | β_{28} : 0,132 |
| | β_{29} : -0,222 | β_{210} : 0,867 | β_{211} : 0,287 | β_{212} : -0,905 |
| | β_{213} : -0,101 | β_{214} : -0,425 | β_{215} : -0,001 | β_{216} : -1,095 |
| | β_{31} : -0,149 | β_{32} : -0,235 | β_{33} : -0,237 | β_{34} : 0,138 |
| | β_{35} : 0,325 | β_{36} : 0,503 | β_{37} : -0,679 | β_{38} : -0,551 |
| | β_{39} : -0,613 | β_{310} : -0,422 | β_{311} : -1,626 | β_{312} : -0,107 |
| | β_{313} : -0,002 | β_{314} : -1,586 | β_{315} : -0,474 | β_{316} : -1,441 |
| | β_{41} : 0,270 | β_{42} : -0,053 | β_{43} : 0,201 | β_{44} : 0,582 |
| | β_{45} : -0,066 | β_{46} : -0,046 | β_{47} : 0,533 | β_{48} : -0,004 |
| | β_{49} : 0,422 | β_{410} : -0,837 | β_{411} : -1,353 | β_{412} : -0,075 |
| | β_{413} : 0,501 | β_{414} : -0,630 | β_{415} : 0,975 | β_{416} : -0,952 |
| Model | B_1 : 0,911 | B_2 : -0,681 | B_3 : 1,340 | B_4 : -0,378 |
| | α_{11} : 1,087 | α_{12} : 0,515 | α_{13} : 0,913 | α_{14} : 0,764 |
| | α_{21} : 1,575 | | | |
| Model | Nilai Bobot | | | |
| Krian 23.00 | β_{11} : 0,839 | β_{12} : -0,237 | β_{13} : 1,422 | β_{14} : -0,431 |
| | β_{21} : 0,100 | β_{22} : 1,091 | β_{23} : -0,355 | β_{24} : 0,837 |
| | β_{31} : -0,654 | β_{32} : -0,404 | β_{33} : 0,565 | β_{34} : 0,099 |
| | β_{41} : -0,678 | β_{42} : 1,513 | β_{43} : 0,667 | β_{44} : -0,408 |
| | β_{51} : 0,586 | β_{52} : 0,871 | β_{53} : 0,937 | β_{54} : -0,714 |
| | β_{61} : -0,126 | β_{62} : 1,013 | β_{63} : 0,236 | β_{64} : -0,043 |
| | β_{71} : -1,381 | β_{72} : -0,285 | β_{73} : -0,474 | β_{74} : 1,078 |
| | β_{81} : 0,056 | β_{82} : -1,785 | β_{83} : -0,213 | β_{84} : -0,107 |
| | β_{91} : 0,634 | β_{92} : 0,761 | β_{93} : -1,316 | β_{94} : -0,797 |
| | B_1 : 0,974 | B_2 : -0,696 | B_3 : 0,285 | B_4 : -0,769 |
| | B_5 : -0,065 | B_6 : -0,408 | B_7 : 0,333 | B_8 : -0,392 |
| | B_9 : 0,474 | | | |
| | α_{11} : 0,331 | α_{12} : 0,391 | α_{13} : 0,680 | α_{14} : 0,792 |
| | α_{15} : 1,174 | α_{16} : 0,542 | α_{17} : 0,512 | α_{18} : 0,919 |
| | α_{19} : 1,030 | α_{21} : 1,012 | | |
| Model | Nilai Bobot | | | |
| Kediri 13.30 | β_{11} : 0,388 | β_{12} : 0,172 | β_{13} : 1,110 | |
| | β_{21} : -1,035 | β_{22} : -0,642 | β_{23} : 0,288 | |
| | β_{31} : 0,487 | β_{32} : -0,743 | β_{33} : -0,727 | |
| | β_{41} : -0,629 | β_{42} : -0,664 | β_{43} : 0,860 | |
| | B_1 : 0,532 | B_2 : 0,438 | B_3 : 0,077 | |
| | B_4 : -0,431 | | | |
| Model | α_{11} : 0,363 | α_{12} : 0,149 | α_{13} : 0,395 | |
| | α_{14} : 0,616 | α_{21} : 0,412 | | |
| | | | | |
| Model | Nilai Bobot | | | |
| Paiton 22.30 | β_{11} : 0,523 | β_{12} : 0,295 | β_{13} : 0,227 | |
| | β_{21} : -0,017 | β_{22} : -0,672 | β_{23} : 1,186 | |
| | β_{31} : 0,700 | β_{32} : -0,317 | β_{33} : 0,177 | |
| | β_{41} : 1,679 | β_{42} : -0,043 | β_{43} : 1,704 | |
| | β_{51} : 0,698 | β_{52} : 0,840 | β_{53} : 0,230 | |
| | B_1 : 0,567 | B_2 : 0,657 | B_3 : 0,408 | |
| | B_4 : -1,598 | B_5 : 0,311 | | |
| | α_{11} : 0,454 | α_{12} : 0,863 | α_{13} : -0,084 | |
| | α_{14} : -0,069 | α_{15} : 0,741 | α_{21} : 0,700 | |

Lampiran 69: Lanjutan

| Model | Nilai Bobot | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Krian-Gresik 15.00 | β_{11} : 0,328 | β_{12} : 0,613 | β_{13} : 0,692 | β_{14} : -0,095 |
| | β_{15} : -0,700 | β_{16} : 0,100 | β_{17} : 0,849 | β_{18} : -0,144 |
| | β_{19} : 0,852 | β_{110} : -0,458 | β_{111} : -0,381 | β_{112} : 0,068 |
| | β_{21} : -0,260 | β_{22} : 1,149 | β_{23} : -0,054 | β_{24} : 0,282 |
| | β_{25} : 1,151 | β_{26} : -0,128 | β_{27} : -0,488 | β_{28} : 0,154 |
| | β_{29} : 0,745 | β_{210} : 0,553 | β_{211} : -1,384 | β_{212} : -0,308 |
| | β_{31} : 0,613 | β_{32} : -1,361 | β_{33} : -0,533 | β_{34} : 0,044 |
| | β_{35} : 0,095 | β_{36} : 0,858 | β_{37} : 1,048 | β_{38} : 2,094 |
| | β_{39} : -1,251 | β_{310} : 0,870 | β_{311} : -2,110 | β_{312} : 1,025 |
| | β_{41} : 1,139 | β_{42} : 1,308 | β_{43} : -0,573 | β_{44} : -0,131 |
| | β_{45} : -1,120 | β_{46} : 1,320 | β_{47} : 1,404 | β_{48} : 0,473 |
| | β_{49} : -0,271 | β_{410} : -1,274 | β_{411} : -0,904 | β_{412} : 0,427 |
| | β_{51} : 0,243 | β_{52} : -0,029 | β_{53} : -0,609 | β_{54} : 0,750 |
| | β_{55} : 0,644 | β_{56} : 0,466 | β_{57} : 0,709 | β_{58} : 0,356 |
| | β_{59} : 0,248 | β_{510} : -0,567 | β_{511} : 0,789 | β_{512} : 0,788 |
| | β_{61} : 0,806 | β_{62} : -0,540 | β_{63} : 0,255 | β_{64} : 0,470 |
| | β_{65} : -0,535 | β_{66} : 1,105 | β_{67} : -0,082 | β_{68} : 0,337 |
| | β_{69} : 0,423 | β_{610} : 0,658 | β_{611} : -0,838 | β_{612} : 0,582 |
| | β_{71} : 0,380 | β_{72} : 1,615 | β_{73} : -0,817 | β_{74} : 0,292 |
| | β_{75} : -0,931 | β_{76} : -1,290 | β_{77} : -0,055 | β_{78} : 0,756 |
| | β_{79} : -0,173 | β_{710} : -0,094 | β_{711} : 1,004 | β_{712} : -0,123 |
| | β_{81} : -0,891 | β_{82} : -0,154 | β_{83} : 0,535 | β_{84} : 0,211 |
| | β_{85} : -0,164 | β_{86} : 0,747 | β_{87} : -0,298 | β_{88} : -0,939 |
| | β_{89} : -0,772 | β_{810} : 0,330 | β_{811} : 0,256 | β_{812} : -0,153 |
| | β_{91} : -0,611 | β_{92} : 2,717 | β_{93} : -0,587 | β_{94} : 0,157 |
| | β_{95} : -0,274 | β_{96} : -0,523 | β_{97} : -0,752 | β_{98} : -0,979 |
| | β_{99} : -0,429 | β_{910} : -0,398 | β_{911} : -0,084 | β_{912} : -0,629 |
| | B_1 : 0,254 | B_2 : -0,696 | B_3 : 2,053 | B_4 : -1,509 |
| | B_5 : -0,107 | B_6 : 0,770 | B_7 : -1,092 | B_8 : -0,402 |
| | B_9 : 0,527 | | | |
| | α_{11} : 0,965 | α_{12} : 0,646 | α_{13} : 1,207 | α_{14} : 0,940 |
| | α_{15} : 0,991 | α_{16} : 1,133 | α_{17} : 1,161 | α_{18} : 1,316 |
| | α_{19} : 1,046 | α_{21} : 1,153 | | |
| Model | Nilai Bobot | | | |
| Krian-Gresik 22.30 | β_{11} : -0,228 | β_{12} : 0,896 | β_{13} : 0,869 | |
| | β_{21} : -0,535 | β_{22} : 0,104 | β_{23} : 0,735 | |
| | β_{31} : 0,613 | β_{32} : -0,773 | β_{33} : -0,524 | |
| | β_{41} : 1,015 | β_{42} : 0,040 | β_{43} : 0,954 | |
| | β_{51} : 0,655 | β_{52} : 0,933 | β_{53} : 0,310 | |
| | β_{61} : 0,961 | β_{62} : 0,630 | β_{63} : 0,905 | |
| | β_{71} : -0,108 | β_{72} : 0,313 | β_{73} : 1,092 | |
| | β_{81} : 0,164 | β_{82} : -0,729 | β_{83} : -0,841 | |
| | β_{91} : -1,360 | β_{92} : 0,834 | β_{93} : 0,461 | |
| | B_1 : -1,239 | B_2 : -0,133 | B_3 : 0,074 | |
| | B_4 : 0,954 | B_5 : 0,027 | B_6 : 0,614 | |
| | B_7 : -0,954 | B_8 : -0,074 | B_9 : 0,607 | |
| | α_{11} : 0,728 | α_{12} : 0,425 | α_{13} : 0,608 | |
| | α_{14} : 0,487 | α_{15} : 0,896 | α_{16} : 0,599 | |
| | α_{17} : 0,790 | α_{18} : 0,851 | α_{19} : 1,101 | |
| | α_{21} : 0,782 | | | |

Lampiran 69: Lanjutan

| Model | Nilai Bobot | | |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Ngimbang 19.30 | β_{11} : 0,258 | β_{12} : 0,439 | β_{13} : 0,246 |
| | β_{21} : -1,332 | β_{22} : -0,726 | β_{23} : 1,487 |
| | β_{31} : 1,598 | β_{32} : -1,510 | β_{33} : -0,435 |
| | β_{41} : 0,396 | β_{42} : 0,446 | β_{43} : 0,634 |
| | β_{51} : 0,266 | β_{52} : 1,012 | β_{53} : -1,349 |
| | β_{61} : 0,530 | β_{62} : 0,599 | β_{63} : 0,957 |
| | β_{71} : 0,507 | β_{72} : 0,444 | β_{73} : 0,586 |
| | β_{81} : 0,789 | β_{82} : -1,474 | β_{83} : -0,770 |
| | β_{91} : -0,779 | β_{92} : 0,780 | β_{93} : 0,408 |
| | β_{101} : -1,197 | β_{102} : -1,096 | β_{103} : -1,047 |
| | B_1 : -0,250 | B_2 : 0,471 | B_3 : -0,533 |
| | B_4 : -0,516 | B_5 : 0,872 | B_6 : 0,259 |
| | B_7 : -0,521 | B_8 : 0,422 | B_9 : -0,198 |
| | B_{10} : -0,540 | | |
| | α_{11} : 0,133 | α_{12} : 0,040 | α_{13} : 1,193 |
| | α_{14} : 0,147 | α_{15} : 0,954 | α_{16} : 1,290 |
| | α_{17} : 0,135 | α_{18} : 0,700 | α_{19} : -0,242 |
| | α_{110} : 1,782 | α_{21} : 1,127 | |
| Model | Nilai Bobot | | |
| Ngimbang 22.30 | β_{11} : 0,166 | β_{12} : 0,263 | β_{13} : 0,113 |
| | β_{21} : -0,415 | β_{22} : -0,738 | β_{23} : 0,960 |
| | β_{31} : 0,816 | β_{32} : -0,379 | β_{33} : -0,779 |
| | β_{41} : 0,161 | β_{42} : -0,095 | β_{43} : 0,645 |
| | β_{51} : 0,555 | β_{52} : 1,015 | β_{53} : 0,445 |
| | β_{61} : 0,577 | β_{62} : 0,668 | β_{63} : 1,019 |
| | β_{71} : 0,209 | β_{72} : -0,114 | β_{73} : 0,461 |
| | β_{81} : -0,143 | β_{82} : -1,172 | β_{83} : -0,794 |
| | β_{91} : -1,342 | β_{92} : 1,288 | β_{93} : 1,054 |
| | β_{101} : -1,312 | β_{102} : -0,049 | β_{103} : -0,979 |
| | B_1 : -0,168 | B_2 : 0,297 | B_3 : -0,180 |
| | B_4 : -0,218 | B_5 : 0,580 | B_6 : 0,444 |
| | B_7 : -0,153 | B_8 : 0,241 | B_9 : -1,058 |
| | B_{10} : -0,534 | | |
| | α_{11} : 0,198 | α_{12} : 0,580 | α_{13} : 0,029 |
| | α_{14} : 0,241 | α_{15} : 1,193 | α_{16} : 1,031 |
| | α_{17} : 0,134 | α_{18} : 0,748 | α_{19} : 1,283 |
| | α_{110} : 1,925 | α_{21} : 0,997 | |
| Model | Nilai Bobot | | |
| Paiton 18.30 | β_{11} : 0,066 | β_{12} : 2,069 | β_{13} : 0,233 |
| | B_1 : -0,699 | | |
| | α_{11} : 0,694 | α_{21} : 1,316 | |

Lampiran 69: Lanjutan

| Model | Nilai Bobot | | |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Kediri 18.30 | β_{11} : 0,185 | β_{12} : 0,359 | β_{13} : 0,317 |
| | β_{21} : -0,999 | β_{22} : -0,631 | β_{23} : 1,737 |
| | β_{31} : 0,488 | β_{32} : -0,340 | β_{33} : 0,126 |
| | β_{41} : 0,462 | β_{42} : -0,159 | β_{43} : 1,062 |
| | β_{51} : 0,802 | β_{52} : 1,574 | β_{53} : -0,053 |
| | β_{61} : 0,503 | β_{62} : 0,744 | β_{63} : 0,806 |
| | β_{71} : 0,415 | β_{72} : -0,129 | β_{73} : 0,919 |
| | β_{81} : 0,182 | β_{82} : -1,072 | β_{83} : -0,397 |
| | β_{91} : -0,894 | β_{92} : 0,591 | β_{93} : -0,080 |
| | β_{101} : -0,775 | β_{102} : 0,074 | β_{103} : -0,635 |
| | B_1 : -0,214 | B_2 : 0,738 | B_3 : -0,366 |
| | B_4 : -0,739 | B_5 : 0,907 | B_6 : 0,200 |
| | B_7 : -0,601 | B_8 : 0,120 | B_9 : -0,479 |
| | B_{10} : -0,087 | | |
| | α_{11} : 0,473 | α_{12} : 1,094 | α_{13} : 0,777 |
| | α_{14} : 0,570 | α_{15} : 0,398 | α_{16} : 0,893 |
| | α_{17} : 0,516 | α_{18} : 0,809 | α_{19} : 0,844 |
| | α_{110} : 0,743 | α_{21} : 0,692 | |
| Model | Nilai Bobot | | |
| Kediri 05.30 | β_{11} : 0,413 | β_{12} : 0,577 | β_{13} : 0,483 |
| | β_{21} : -0,584 | β_{22} : -0,415 | β_{23} : 0,937 |
| | β_{31} : 1,173 | β_{32} : -0,403 | β_{33} : -0,118 |
| | β_{41} : 0,355 | β_{42} : 0,100 | β_{43} : 0,784 |
| | β_{51} : 0,512 | β_{52} : 1,038 | β_{53} : -0,349 |
| | β_{61} : 0,631 | β_{62} : 0,745 | β_{63} : 0,943 |
| | β_{71} : 0,433 | β_{72} : 0,078 | β_{73} : 0,741 |
| | β_{81} : 0,218 | β_{82} : -0,828 | β_{83} : -0,887 |
| | β_{91} : -0,514 | β_{92} : 0,718 | β_{93} : 0,520 |
| | β_{101} : -0,932 | β_{102} : -0,200 | β_{103} : -0,143 |
| | B_1 : -0,038 | B_2 : 0,446 | B_3 : -0,629 |
| | B_4 : -0,519 | B_5 : 1,007 | B_6 : 0,516 |
| | B_7 : -0,436 | B_8 : 0,260 | B_9 : -0,643 |
| | B_{10} : -0,110 | | |
| | α_{11} : 0,918 | α_{12} : 0,876 | α_{13} : 0,763 |
| | α_{14} : 0,747 | α_{15} : 0,595 | α_{16} : 1,087 |
| | α_{17} : 0,762 | α_{18} : 0,983 | α_{19} : 0,925 |
| | α_{110} : 0,952 | α_{21} : 1,033 | |

Lampiran 70: Persamaan pada metode hibrida ARIMA & MLP untuk setiap subsistem

1. Subsistem Krian 11:00

$$\hat{Z}_t = 1,575 + 1,087f^{(h_{1,t})} + 0,515f^{(h_{2,t})} + 0,913f^{(h_{3,t})} + 0,764f^{(h_{4,t})}$$

Dengan,

$$\begin{aligned} f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{4,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{4,t})}} - 1 \\ h_{1,t} &= 0,911 + 1,076 Y_{t-1} + 0,373 Y_{t-2} + 0,555 Y_{t-3} + 0,116 Y_{t-7} - 0,970 Y_{t-8} \\ &\quad - 0,228 Y_{t-9} + 0,621 Y_{t-10} + 0,058 Y_{t-14} + 0,998 Y_{t-21} - 0,269 Y_{t-22} \\ &\quad - 0,856 Y_{t-28} - 0,726 Y_{t-29} + 0,393 Y_{t-35} + 0,255 Y_{t-36} + 1,015 Y_{t-42} \\ &\quad - 0,695 Y_{t-43} \\ h_{2,t} &= -0,681 + 0,739 Y_{t-1} + 0,886 Y_{t-2} + 1,024 Y_{t-3} + 0,637 Y_{t-7} + 0,321 Y_{t-8} \\ &\quad + 1,285 Y_{t-9} - 0,451 Y_{t-10} + 0,132 Y_{t-14} - 0,222 Y_{t-21} + 0,867 Y_{t-22} \\ &\quad + 0,287 Y_{t-28} - 0,905 Y_{t-29} - 0,101 Y_{t-35} - 0,425 Y_{t-36} - 0,001 Y_{t-42} \\ &\quad - 1,095 Y_{t-43} \\ h_{3,t} &= 1,340 - 0,149 Y_{t-1} - 0,235 Y_{t-2} - 0,237 Y_{t-3} + 0,138 Y_{t-7} + 0,325 Y_{t-8} \\ &\quad + 0,503 Y_{t-9} - 0,679 Y_{t-10} - 0,551 Y_{t-14} - 0,613 Y_{t-21} - 0,422 Y_{t-22} \\ &\quad - 1,626 Y_{t-28} - 0,107 Y_{t-29} - 0,002 Y_{t-35} - 1,586 Y_{t-36} - 0,474 Y_{t-42} \\ &\quad - 1,441 Y_{t-43} \\ h_{4,t} &= -0,378 + 0,270 Y_{t-1} - 0,053 Y_{t-2} + 0,201 Y_{t-3} + 0,582 Y_{t-7} - 0,066 Y_{t-8} \\ &\quad - 0,046 Y_{t-9} + 0,533 Y_{t-10} - 0,004 Y_{t-14} + 0,422 Y_{t-21} - 0,837 Y_{t-22} \\ &\quad - 1,353 Y_{t-28} - 0,075 Y_{t-29} + 0,501 Y_{t-35} - 0,630 Y_{t-36} + 0,975 Y_{t-42} \\ &\quad - 0,952 Y_{t-43} \end{aligned}$$

2. Subsistem Krian 23.00

$$\begin{aligned} \hat{Z}_t &= 1,012 + 0,331f^{(h_{1,t})} + 0,391f^{(h_{2,t})} + 0,680f^{(h_{3,t})} + 0,792f^{(h_{4,t})} \\ &\quad + 1,174f^{(h_{5,t})} + 0,542f^{(h_{6,t})} + 0,512f^{(h_{7,t})} + 0,919f^{(h_{8,t})} + 1,030f^{(h_{9,t})} \end{aligned}$$

Dengan,

$$\begin{aligned} f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{9,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{9,t})}} - 1 \\ h_{1,t} &= 0,974 + 0,839 Y_{t-1} - 0,237 Y_{t-2} + 1,422 Y_{t-8} - 0,431 Y_{t-9} \\ h_{2,t} &= -0,696 + 0,100 Y_{t-1} + 1,091 Y_{t-2} - 0,355 Y_{t-8} + 0,837 Y_{t-9} \\ h_{3,t} &= 0,285 - 0,654 Y_{t-1} - 0,404 Y_{t-2} + 0,565 Y_{t-8} + 0,099 Y_{t-9} \\ h_{4,t} &= -0,769 - 0,678 Y_{t-1} + 1,513 Y_{t-2} + 0,667 Y_{t-8} - 0,408 Y_{t-9} \\ h_{5,t} &= -0,065 + 0,586 Y_{t-1} + 0,871 Y_{t-2} + 0,937 Y_{t-8} - 0,714 Y_{t-9} \\ h_{6,t} &= -0,408 - 0,126 Y_{t-1} + 1,013 Y_{t-2} + 0,236 Y_{t-8} - 0,043 Y_{t-9} \\ h_{7,t} &= 0,333 - 1,381 Y_{t-1} - 0,285 Y_{t-2} - 0,474 Y_{t-8} + 1,078 Y_{t-9} \\ h_{8,t} &= -0,392 + 0,056 Y_{t-1} - 1,785 Y_{t-2} - 0,213 Y_{t-8} - 0,107 Y_{t-9} \\ h_{9,t} &= 0,474 + 0,634 Y_{t-1} + 0,761 Y_{t-2} - 1,316 Y_{t-8} - 0,797 Y_{t-9} \end{aligned}$$

3. Subsistem Krian-Gresik 15.00

$$\begin{aligned} \hat{Z}_t &= 1,153 + 0,965f^{(h_{1,t})} + 0,646f^{(h_{2,t})} + 1,207f^{(h_{3,t})} + 0,940f^{(h_{4,t})} \\ &\quad + 0,991f^{(h_{5,t})} + 1,133f^{(h_{6,t})} + 1,161f^{(h_{7,t})} + 1,316f^{(h_{8,t})} + 1,046f^{(h_{9,t})} \end{aligned}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{9,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{9,t})}} - 1$$

Lampiran 70: Lanjutan

$$\begin{aligned}
h_{1,t} &= 0,254 + 0,328Y_{t-1} + 0,613Y_{t-2} + 0,692Y_{t-7} - 0,095Y_{t-8} - 0,700Y_{t-9} \\
&\quad + 0,100Y_{t-14} + 0,849Y_{t-15} - 0,144Y_{t-16} + 0,852Y_{t-21} - 0,458Y_{t-22} \\
&\quad - 0,381Y_{t-28} + 0,068Y_{t-29} \\
h_{2,t} &= -0,696 - 0,260Y_{t-1} + 1,149Y_{t-2} - 0,054Y_{t-7} + 0,282Y_{t-8} + 1,151Y_{t-9} \\
&\quad - 0,128Y_{t-14} - 0,488Y_{t-15} + 0,154Y_{t-16} + 0,745Y_{t-21} + 0,553Y_{t-22} \\
&\quad - 1,384Y_{t-28} - 0,308Y_{t-29} \\
h_{3,t} &= 2,053 + 0,613Y_{t-1} - 1,361Y_{t-2} - 0,533Y_{t-7} + 0,044Y_{t-8} + 0,095Y_{t-9} \\
&\quad + 0,858Y_{t-14} + 1,048Y_{t-15} + 2,094Y_{t-16} - 1,251Y_{t-21} + 0,870Y_{t-22} \\
&\quad - 2,110Y_{t-28} + 1,025Y_{t-29} \\
h_{4,t} &= -1,509 + 1,139Y_{t-1} + 1,308Y_{t-2} - 0,573Y_{t-7} - 0,131Y_{t-8} - 1,120Y_{t-9} \\
&\quad + 1,320Y_{t-14} + 1,404Y_{t-15} + 0,473Y_{t-16} - 0,271Y_{t-21} - 1,274Y_{t-22} \\
&\quad - 0,904Y_{t-28} + 0,427Y_{t-29} \\
h_{5,t} &= -0,107 + 0,243Y_{t-1} \pm 0,029Y_{t-2} - 0,609Y_{t-7} + 0,750Y_{t-8} \\
&\quad + 0,644Y_{t-9} + 0,466Y_{t-14} + 0,709Y_{t-15} + 0,356Y_{t-16} + 0,248Y_{t-21} \\
&\quad - 0,567Y_{t-22} + 0,789Y_{t-28} + 0,788Y_{t-29} \\
h_{6,t} &= 0,770 + 0,806Y_{t-1} - 0,540Y_{t-2} + 0,255Y_{t-7} + 0,470Y_{t-8} - 0,535Y_{t-9} \\
&\quad + 1,105Y_{t-14} - 0,082Y_{t-15} + 0,337Y_{t-16} + 0,423Y_{t-21} + 0,658Y_{t-22} \\
&\quad - 0,838Y_{t-28} + 0,582Y_{t-29} \\
h_{7,t} &= -1,092 + 0,380Y_{t-1} + 1,615Y_{t-2} - 0,817Y_{t-7} + 0,292Y_{t-8} - 0,931Y_{t-9} \\
&\quad - 1,290Y_{t-14} - 0,055Y_{t-15} + 0,756Y_{t-16} - 0,173Y_{t-21} - 0,094Y_{t-22} \\
&\quad + 1,004Y_{t-28} - 0,123Y_{t-29} \\
h_{8,t} &= -0,402 - 0,891Y_{t-1} - 0,154Y_{t-2} + 0,535Y_{t-7} + 0,211Y_{t-8} - 0,164Y_{t-9} \\
&\quad + 0,747Y_{t-14} - 0,298Y_{t-15} - 0,939Y_{t-16} - 0,772Y_{t-21} + 0,330Y_{t-22} \\
&\quad + 0,256Y_{t-28} - 0,153Y_{t-29} \\
h_{9,t} &= 0,527 - 0,611Y_{t-1} + 2,717Y_{t-2} - 0,587Y_{t-7} + 0,157Y_{t-8} - 0,274Y_{t-9} \\
&\quad - 0,523Y_{t-14} - 0,752Y_{t-15} - 0,979Y_{t-16} - 0,429Y_{t-21} - 0,398Y_{t-22} \\
&\quad - 0,084Y_{t-28} - 0,629Y_{t-29}
\end{aligned}$$

4. Subsisitem Krian-Gresik 22.30

$$\begin{aligned}
\hat{Z}_t &= 0,782 + 0,728f^{(h_{1,t})} + 0,425f^{(h_{2,t})} + 0,608f^{(h_{3,t})} + 0,487f^{(h_{4,t})} \\
&\quad + 0,896f^{(h_{5,t})} + 0,599f^{(h_{6,t})} + 0,790f^{(h_{7,t})} + 0,851f^{(h_{8,t})} + 1,101f^{(h_{9,t})}
\end{aligned}$$

Dengan,

$$\begin{aligned}
f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; \quad f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; \quad f^{(h_{9,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{9,t})}} - 1 \\
h_{1,t} &= -1,239 - 0,228Y_{t-1} + 0,896Y_{t-7} + 0,869Y_{t-8} \\
h_{2,t} &= -0,133 - 0,535Y_{t-1} + 0,104Y_{t-7} + 0,735Y_{t-8} \\
h_{3,t} &= 0,074 + 0,613Y_{t-1} - 0,773Y_{t-7} - 0,524Y_{t-8} \\
h_{4,t} &= 0,954 + 1,015Y_{t-1} + 0,040Y_{t-7} + 0,954Y_{t-8} \\
h_{5,t} &= 0,027 + 0,655Y_{t-1} + 0,933Y_{t-7} + 0,310Y_{t-8} \\
h_{6,t} &= 0,614 + 0,961Y_{t-1} + 0,630Y_{t-7} + 0,905Y_{t-8} \\
h_{7,t} &= -0,954 - 0,108Y_{t-1} + 0,313Y_{t-7} + 1,092Y_{t-8} \\
h_{8,t} &= -0,074 + 0,164Y_{t-1} - 0,729Y_{t-7} - 0,841Y_{t-8} \\
h_{9,t} &= 0,607 - 1,360Y_{t-1} + 0,834Y_{t-7} + 0,461Y_{t-8}
\end{aligned}$$

Lampiran 70: Lanjutan

5. Subsistem Ngimbang 19.30

$$\begin{aligned}\hat{Z}_t = & 1,127 + 0,133f^{(h_{1,t})} + 0,040f^{(h_{2,t})} + 1,193f^{(h_{3,t})} + 0,147f^{(h_{4,t})} + \\ & 0,954f^{(h_{5,t})} + 1,290f^{(h_{6,t})} + 0,135f^{(h_{7,t})} + 0,700f^{(h_{8,t})} - \\ & 0,242f^{(h_{9,t})} + 1,782f^{(h_{10,t})}\end{aligned}$$

Dengan,

$$\begin{aligned}f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{10,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{10,t})}} - 1 \\ h_{1,t} &= -0,250 + 0,258Y_{t-1} + 0,439Y_{t-7} + 0,246Y_{t-8} \\ h_{2,t} &= 0,471 - 1,332Y_{t-1} - 0,726Y_{t-7} + 1,487Y_{t-8} \\ h_{3,t} &= -0,533 + 1,598Y_{t-1} - 1,510Y_{t-7} + -0,435Y_{t-8} \\ h_{4,t} &= -0,516 + 0,396Y_{t-1} + 0,446Y_{t-7} + 0,634Y_{t-8} \\ h_{5,t} &= 0,872 + 0,266Y_{t-1} + 1,012Y_{t-7} - 1,349Y_{t-8} \\ h_{6,t} &= 0,259 + 0,530Y_{t-1} + 0,599Y_{t-7} + 0,957Y_{t-8} \\ h_{7,t} &= -0,521 + 0,507Y_{t-1} + 0,444Y_{t-7} + 0,586Y_{t-8} \\ h_{8,t} &= 0,422 + 0,789Y_{t-1} - 1,474Y_{t-7} - 0,770Y_{t-8} \\ h_{9,t} &= -0,198 - 0,779Y_{t-1} + 0,780Y_{t-7} + 0,408Y_{t-8} \\ h_{10,t} &= -0,540 - 1,197Y_{t-1} - 1,096Y_{t-7} - 1,047Y_{t-8}\end{aligned}$$

6. Subsistem Ngimbang 22.30

$$\begin{aligned}\hat{Z}_t = & 0,997 + 0,198f^{(h_{1,t})} + 0,580f^{(h_{2,t})} + 0,029f^{(h_{3,t})} + 0,241f^{(h_{4,t})} + \\ & 1,193f^{(h_{5,t})} + 1,031f^{(h_{6,t})} + 0,134f^{(h_{7,t})} + 0,748f^{(h_{8,t})} + \\ & 1,283f^{(h_{9,t})} + 1,925f^{(h_{10,t})}\end{aligned}$$

Dengan,

$$\begin{aligned}f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{10,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{10,t})}} - 1 \\ h_{1,t} &= -0,168 + 0,166Y_{t-1} + 0,263Y_{t-7} + 0,113Y_{t-8} \\ h_{2,t} &= 0,297 - 0,415Y_{t-1} - 0,738Y_{t-7} + 0,960Y_{t-8} \\ h_{3,t} &= -0,180 + 0,816Y_{t-1} - 0,379Y_{t-7} - 0,779Y_{t-8} \\ h_{4,t} &= -0,218 + 0,161Y_{t-1} - 0,095Y_{t-7} + 0,645Y_{t-8} \\ h_{5,t} &= 0,580 + 0,555Y_{t-1} + 1,015Y_{t-7} + 0,445Y_{t-8} \\ h_{6,t} &= 0,444 + 0,577Y_{t-1} + 0,668Y_{t-7} + 1,019Y_{t-8} \\ h_{7,t} &= -0,153 + 0,209Y_{t-1} - 0,114Y_{t-7} + 0,461Y_{t-8} \\ h_{8,t} &= 0,241 - 0,143Y_{t-1} - 1,172Y_{t-7} - 0,794Y_{t-8} \\ h_{9,t} &= -1,058 - 1,342Y_{t-1} + 1,288Y_{t-7} + 1,054Y_{t-8} \\ h_{10,t} &= -0,534 - 1,312Y_{t-1} - 0,049Y_{t-7} - 0,979Y_{t-8}\end{aligned}$$

7. Subsistem Paiton 18.30

$$\hat{Z}_t = 1,316 + 0,694f^{(h_{1,t})}$$

Dengan,

$$\begin{aligned}f^{(h_{1,t})} &= \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; \\ h_{1,t} &= -0,699 + 0,066Y_{t-1} + 2,069Y_{t-7} + 0,233Y_{t-8}\end{aligned}$$

8. Subsistem Paiton 22.30

$$\hat{Z}_t = 0,700 + 0,454f^{(h_{1,t})} + 0,863f^{(h_{2,t})} - 0,084f^{(h_{3,t})} - 0,069f^{(h_{4,t})} + 0,741f^{(h_{5,t})}$$

Lampiran 70: Lanjutan

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{5,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{5,t})}} - 1$$

$$h_{1,t} = 0,567 + 0,523Y_{t-1} + 0,295Y_{t-7} + 0,227Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = 0,657 - 0,017Y_{t-1} - 0,672Y_{t-7} + 1,186Y_{t-8}$$

$$h_{3,t} = 0,408 + 0,700Y_{t-1} - 0,317Y_{t-7} + 0,177Y_{t-8}$$

$$h_{4,t} = -1,598 + 1,679Y_{t-1} - 0,043Y_{t-7} + 1,704Y_{t-8}$$

$$h_{5,t} = 0,311 + 0,698Y_{t-1} + 0,840Y_{t-7} + 0,230Y_{t-8}$$

9. Subsistem Kediri 18.30

$$\hat{Z}_t = 0,692 + 0,473f^{(h_{1,t})} + 1,094f^{(h_{2,t})} + 0,777f^{(h_{3,t})} + 0,570f^{(h_{4,t})} +$$

$$0,398f^{(h_{5,t})} + 0,893f^{(h_{6,t})} + 0,516f^{(h_{7,t})} + 0,809f^{(h_{8,t})} +$$

$$0,844f^{(h_{9,t})} + 0,743f^{(h_{10,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{10,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{10,t})}} - 1$$

$$h_{1,t} = -0,214 + 0,185Y_{t-1} + 0,359Y_{t-7} + 0,317Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = 0,738 - 0,999Y_{t-1} - 0,631Y_{t-7} + 1,737Y_{t-8}$$

$$h_{3,t} = -0,366 + 0,488Y_{t-1} - 0,340Y_{t-7} + 0,126Y_{t-8}$$

$$h_{4,t} = -0,739 + 0,462Y_{t-1} - 0,159Y_{t-7} + 1,062Y_{t-8}$$

$$h_{5,t} = 0,907 + 0,802Y_{t-1} + 1,574Y_{t-7} - 0,053Y_{t-8}$$

$$h_{6,t} = 0,200 + 0,503Y_{t-1} + 0,744Y_{t-7} + 0,806Y_{t-8}$$

$$h_{7,t} = -0,601 + 0,415Y_{t-1} - 0,129Y_{t-7} + 0,919Y_{t-8}$$

$$h_{8,t} = 0,120 + 0,182Y_{t-1} - 1,072Y_{t-7} - 0,397Y_{t-8}$$

$$h_{9,t} = -0,479 - 0,894Y_{t-1} + 0,591Y_{t-7} - 0,080Y_{t-8}$$

$$h_{10,t} = -0,087 - 0,775Y_{t-1} + 0,074Y_{t-7} - 0,635Y_{t-8}$$

10. Subsistem Kediri 05.30

$$\hat{Z}_t = 1,033 + 0,918f^{(h_{1,t})} + 0,876f^{(h_{2,t})} + 0,763f^{(h_{3,t})} + 0,747f^{(h_{4,t})} +$$

$$0,595f^{(h_{5,t})} + 1,087f^{(h_{6,t})} + 0,762f^{(h_{7,t})} + 0,983f^{(h_{8,t})} +$$

$$0,925f^{(h_{9,t})} + 0,952f^{(h_{10,t})}$$

Dengan,

$$f^{(h_{1,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{1,t})}} - 1; f^{(h_{2,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{2,t})}} - 1; \dots; f^{(h_{10,t})} = \frac{2}{1 + e^{-(h_{10,t})}} - 1$$

$$h_{1,t} = -0,038 + 0,413Y_{t-1} + 0,577Y_{t-7} + 0,483Y_{t-8}$$

$$h_{2,t} = 0,446 - 0,584Y_{t-1} - 0,415Y_{t-7} + 0,937Y_{t-8}$$

$$h_{3,t} = -0,629 + 1,173Y_{t-1} - 0,403Y_{t-7} - 0,118Y_{t-8}$$

$$h_{4,t} = -0,519 + 0,355Y_{t-1} + 0,100Y_{t-7} + 0,784Y_{t-8}$$

$$h_{5,t} = 1,007 + 0,512Y_{t-1} + 1,038Y_{t-7} - 0,349Y_{t-8}$$

$$h_{6,t} = 0,516 + 0,631Y_{t-1} + 0,745Y_{t-7} + 0,943Y_{t-8}$$

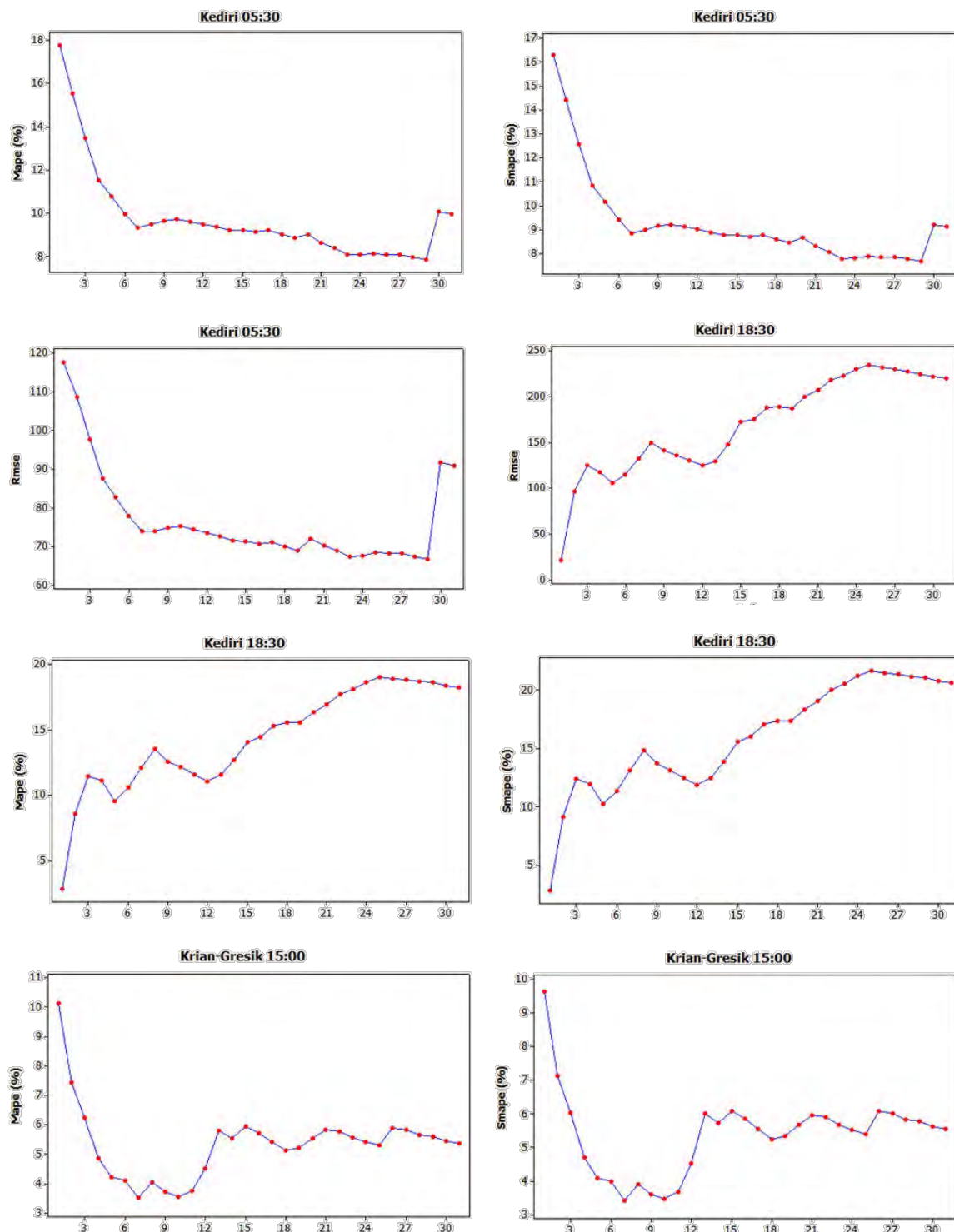
$$h_{7,t} = -0,436 + 0,433Y_{t-1} + 0,078Y_{t-7} + 0,741Y_{t-8}$$

$$h_{8,t} = 0,260 + 0,218Y_{t-1} - 0,828Y_{t-7} - 0,887Y_{t-8}$$

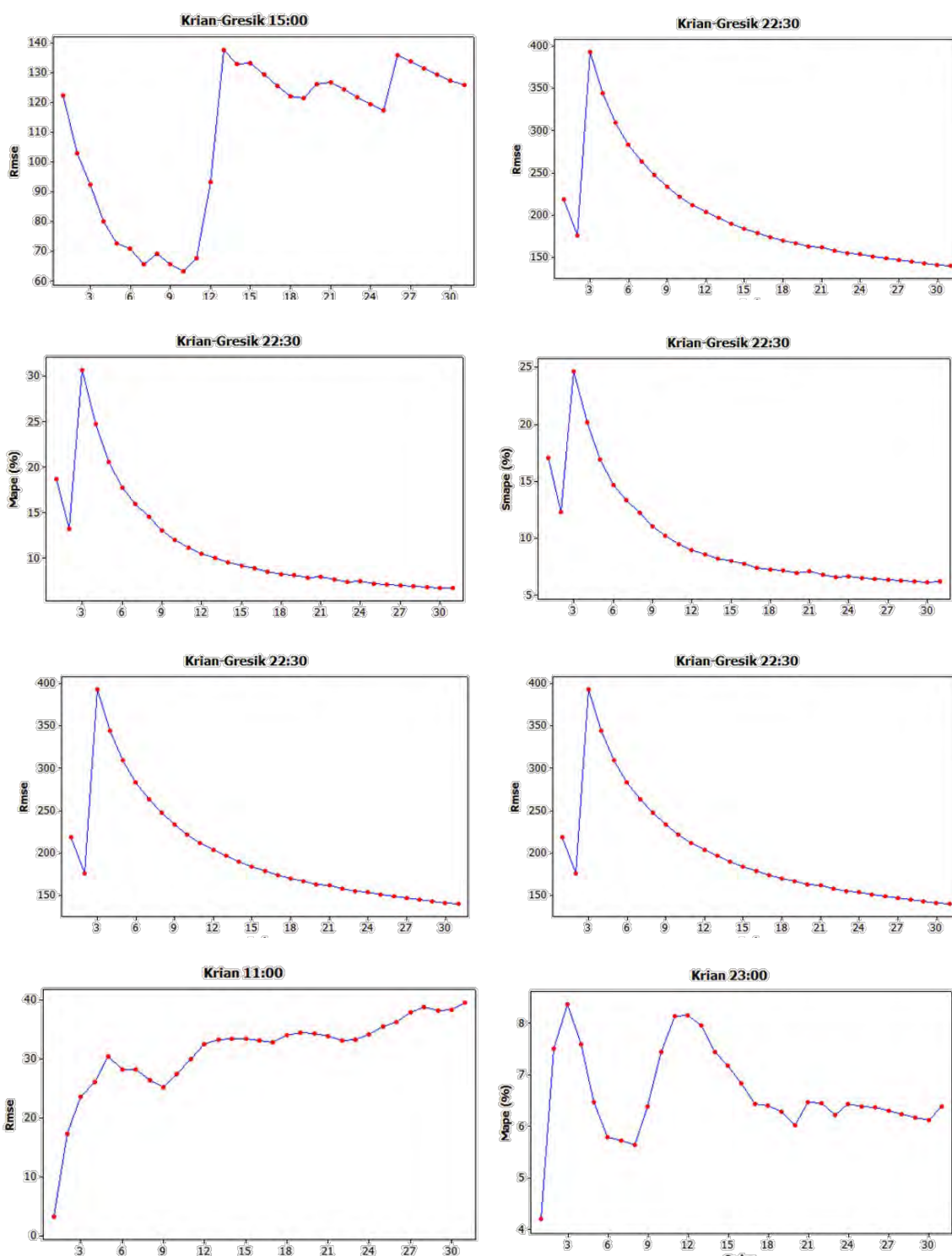
$$h_{9,t} = -0,643 - 0,514Y_{t-1} + 0,718Y_{t-7} + 0,520Y_{t-8}$$

$$h_{10,t} = -0,110 - 0,932Y_{t-1} - 0,200Y_{t-7} - 0,143Y_{t-8}$$

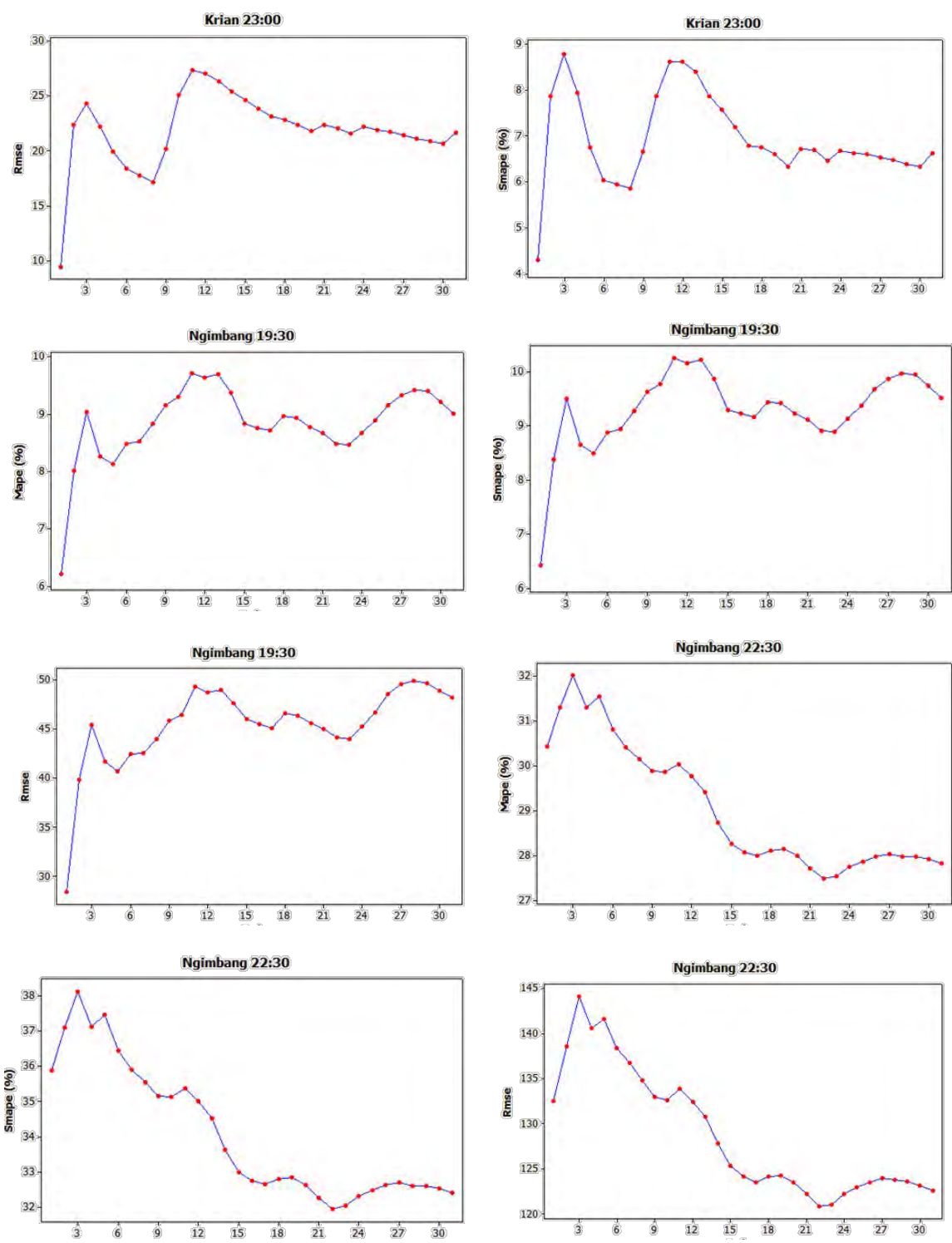
Lampiran 71: Grafik nilai MAPE, SMAPE, dan RMSE disetiap subsistem dengan metode Hibrida ARIMA & MLP



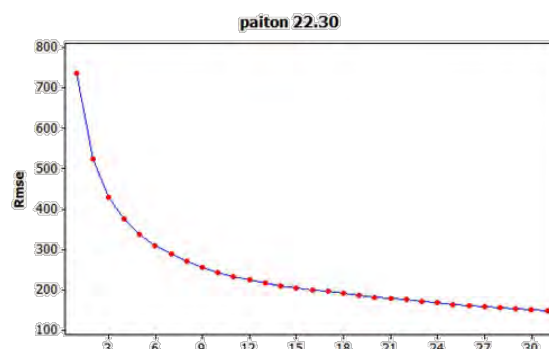
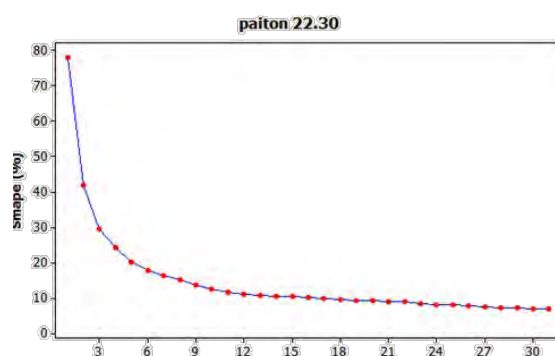
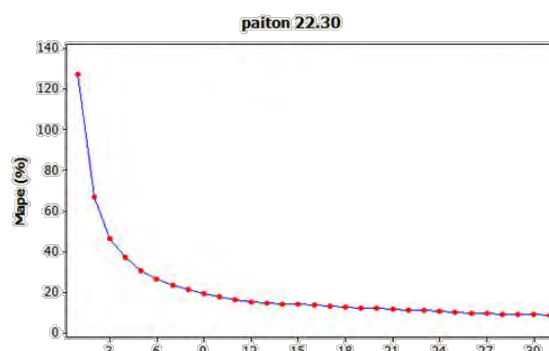
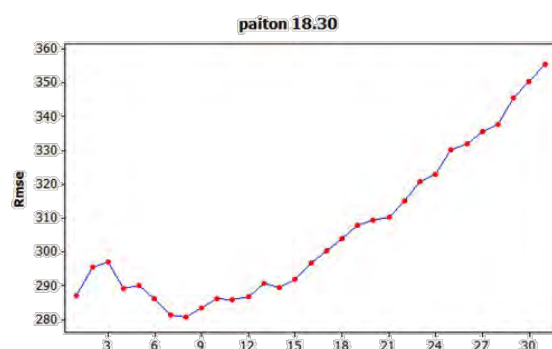
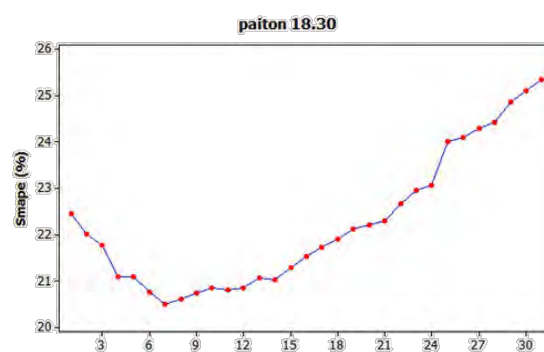
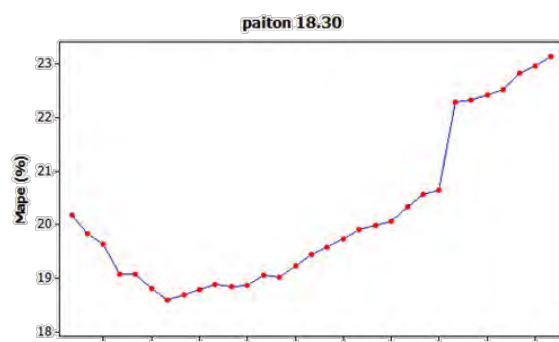
Lampiran 71: Lanjutan



Lampiran 71: Lanjutan



Lampiran 71: Lanjutan



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berikut adalah uraian prosedur dalam melakukan peramalan konsumsi listrik pada masing-masing metode yang digunakan:
 - a. Prosedur yang dilalui dalam melakukan pemodelan ARIMA yaitu dilakukan pengecekan data apakah sudah stasioner dalam *mean* dan *varians*, identifikasi ACF dan PACF, pendugaan model awal, dilakukan uji parameter signifikan, uji residual *white noise*, uji residual berdistribusi normal, hingga akhirnya proses penentuan model terbaik berdasarkan nilai *error* MAPE, SMAPE, dan RMSE terkecil.
 - b. Prosedur yang dilalui dalam melakukan pemodelan MLP yaitu penentuan *input* berdasarkan lag AR yang signifikan pada proses ARIMA, kemudian dilakukan percobaan dengan menggunakan jumlah neuron di lapisan tersembunyi antara 1 hingga 10 neuron, model terbaik yang dihasilkan dari metode MLP adalah model dengan nilai *error* MAPE, SMAPE, dan RMSE terkecil.
 - c. Sedangkan prosedur dalam pemodelan hibrida ARIMA & MLP yaitu mula-mula dilakukan pemodelan ARIMA, kemudian residual yang didapatkan dari pemodelan ARIMA tersebut dilakukan peramalan dengan menggunakan metode MLP, penentuan *input* dalam proses ini berdasarkan lag AR yang signifikan dengan menggunakan 1 hingga 10 neuron di lapisan tersembunyi, kemudian hasil dari peramalan residual tersebut dijumlahkan dengan hasil ramalan dari pemodelan ARIMA. Penentuan model terbaik berdasarkan nilai *error* MAPE, SMAPE, dan RMSE terkecil
2. Berikut adalah uraian hasil ramalan konsumsi listrik pada masing-masing metode yang digunakan:
 - a. Hasil model terbaik dari metode ARIMA untuk setiap subsistem yaitu Krian pukul 11.00 diperoleh model terbaik $([1,2,14,28],1,0)(1,1,0)^7$, Krian pukul 15.00 model terbaik adalah $(0,1,1)(0,1,1)^7$, Krian pukul 23.00 model terbaik adalah $(1,1,[2])(0,1,1)^7$, sedangkan untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 model terbaik adalah $(0,1,[1,6,12])(0,1,1)^7$, Krian-Gresik

pukul 15.00 model terbaik adalah $([1,14],1,[2])(1,1,0)^7$, Krian-Gresik pukul 22.30 model terbaik adalah $(0,1,[1,3])(0,1,1)^7$, dan untuk subsistem Ngimbang pukul 13.30 model terbaik adalah $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$, Ngimbang pukul 19.30 model terbaik adalah $(0,1,1)(0,1,1)^7$, Ngimbang pukul 22.30 model terbaik adalah $(0,1,1)(0,1,1)^7$, Paiton pukul 13.30 model terbaik adalah $(0,1,1)(0,1,1)^7$, Paiton pukul 18.30 model terbaik adalah $(0,1,[1,2,3])(0,1,1)^7$, Paiton pukul 22.30 model terbaik adalah $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$, Kediri pukul 13.30 model terbaik adalah $(0,1,[1,18])(0,1,1)^7$, Kediri pukul 18.30 model terbaik adalah $(0,1,1)(0,1,1)^7$, dan Kediri pukul 05.30 model terbaik adalah $(0,1,[1,2])(0,1,1)^7$.

- b. Hasil arsitektur model terbaik untuk metode MLP disetiap subsistem yaitu Krian pukul 11.00 mempunyai arsitektur NN(16,9,1), Krian pukul 15.00 berbentuk NN(3,6,1), Krian pukul 23.00 berbentuk NN(4,4,1), sedangkan untuk subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 berbentuk NN(3,10,1), Krian-Gresik pukul 15.00 berbentuk NN(12,9,1), Krian-Gresik pukul 22.30 berbentuk NN(3,4,1), selanjutnya untuk subsistem Ngimbang pukul 13.30 mempunyai arsitektur NN(3,3,1), Ngimbang pukul 19.30 berarsitektur NN(3,8,1), Ngimbang pukul 22.30 berarsitektur NN(3,8,1), subsistem Paiton pukul 13.30 berarsitektur NN(3,10,1), Paiton pukul 18.30 berarsitektur NN(3,10,1), Paiton pukul 22.30 berarsitektur NN(3,6,1), selanjutnya untuk subsistem Kediri pukul 13.30 mempunyai arsitektur NN(3,2,1), Kediri pukul 18.30 berarsitektur NN(3,2,1), dan Kediri pukul 05.30 adalah NN(3,3,1).
- c. Hasil model terbaik dari metode hibrida ARIMA & MLP untuk setiap subsistem yaitu Krian pukul 11.00 dihasilkan model terbaik NN(16,4,1), Krian pukul 15.00 berarsitektur NN(3,6,1), Krian Pukul 23.00 berarsitektur NN(4,9,1), subsistem Krian-Gresik pukul 14.00 berarsitektur NN(3,1,1), Krian-Gresik pukul 15.00 berarsitektur NN(12,9,1), Krian-Gresik pukul 22.30 berarsitektur NN(3,9,1), dan subsistem Ngimbang pukul 13.30 mempunyai arsitektur NN(3,8,1), Ngimbang pukul 19.30 berarsitektur NN(3,10,1), Ngimbang pukul 22.30 berarsitektur NN(3,10,1) sedangkan subsistem Paiton pukul 13.30 berarsitektur NN(3,9,1), Paiton pukul 18.30 berarsitektur NN(3,1,1), Paiton pukul 22.30 berarsitektur NN(3,5,1), kemudian subsistem Kediri pukul 13.30 berarsitektur

NN(3,4,1), Kediri pukul 18.30 berarsitektur NN(3,10,1), dan Kediri pukul 05.30 berarsitektur NN(3,10,1).

3. Secara umum hasil kebaikan model dengan metode MLP menghasilkan nilai yang lebih akurat dibandingkan dengan metode ARIMA dan hibrida ARIMA & MLP. Hal ini ditunjukkan oleh nilai MAPE, RMSE, dan SMAPE pada 9 dari 15 model di subsistem (Krian pukul 11.00, Ngimbang pukul 13.30, Ngimbang pukul 19.30, Ngimbang pukul 22.30, Paiton pukul 18.30, Paiton pukul 22.30, Kediri pukul 13.30, Kediri pukul 18.30, dan Kediri pukul 05.30) mempunyai nilai *error* terkecil.
4. Subsistem Ngimbang, Paiton, dan Kediri memiliki beban tertinggi antara jam 18.30 – 19.30, pembangkit yang mensuplai subsistem tersebut sebanyak 14 pembangkit, dan 7 dari 14 pembangkit berjenis PLTA, sehingga proses produksi untuk memenuhi beban puncak pada jam-jam tersebut dapat dilakukan 6 jam sebelum jam 18.30, 8 jam sebelum beban puncak untuk jenis pembangkit PLTU, dan 3 jam sebelum beban puncak untuk jenis pembangkit PLTGU. Sedangkan di subsistem Krian dan Krian-Gresik memiliki beban tertinggi antara jam 11.00 hingga 14.00, pembangkit yang mensuplai subsistem tersebut sebanyak 6 dengan 2 PLTA, dan 4 PLTGU. Produksi harus dilakukan 3 jam sebelum beban puncak jam 11.00 untuk subsistem Krian dengan pembangkit berjenis PLTGU, dan 6 jam sebelum beban puncak untuk pembangkit berjenis PLTA.
5. Berdasarkan hasil peramalan di penelitian ini dihasilkan bahwa subsistem Krian-Gresik akan mengalami kenaikan jumlah beban listrik sejumlah 1888,33 MW dan subsistem Kediri juga mengalami kenaikan sebesar 956,01 MW, sehingga dibutuhkan penambahan pembangkit pada subsistem tersebut karena kapasitas masing-masing subsistem adalah 1172,52 MW untuk subsistem Krian-Gresik, dan 859,5 MW untuk subsistem Kediri. Sedangkan untuk ketiga subsistem lainnya yaitu Ngimbang, Krian, dan Paiton tidak mengalami kenaikan beban yang signifikan yaitu masih dibawah jumlah kapasitas pembangkit, sehingga diketiga subsistem ini belum perlu dilakukan penambahan pembangkit.

5.2 Saran

- 1 Pada penelitian ini, peramalan hanya dilakukan pada kondisi *peak load*. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dilakukan peramalan disemua kondisi sehingga diharapkan akan menghasilkan peramalan yang lebih baik.
- 2 Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa rata-rata model yang didapatkan mampu melakukan peramalan sampai 31 hari kedepannya, sehingga diharapkan setelah hari ke 31, dilakukan pembaruan model agar peramalan yang dihasilkan mempunyai hasil yang baik.
- 3 Dari penelitian ini diketahui bahwa kenaikan jumlah konsumsi listrik dari tahun ke tahun mengalami kenaikan, sehingga bisa dipertimbangkan untuk membangun pembangkit baru untuk memenuhi kenaikan tersebut.
- 4 Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan algoritma *deep neural network* yang merupakan pengembangan dari *multilayer perceptron*

DAFTAR PUSTAKA

- Andrzejak, R. G., Lehnertz, K., Rieke, C., Mormann, F., David, P., & Elger, C. E. (2001). Indications of nonlinear deterministic and finite dimensional structures in time. *Physical Review E*, 64, 061907 .
- Balagurusamy. (2008). Programming in C# A Primer 2nd Edition.
- Balagurusamy, E. (2008). *Programming in C# A Primer 2nd Edition*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education.
- Bengio, Y. &. (2004). No Unbiased Estimator of the Variance of K-Fold Cross-Validation. *Journal of Machine Learning Research* , 1089-1105.
- Bowerman, B. L., & O'Connell, R. T. (1993). *Forecasting and Time Series: An Applied Approach Third Edition*. Duxbury Press.
- BPPT. (2006). *Pengembangan Sistem Kelistrikan dalam Pembangunan Nasional Jangka Panjang*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Bruzzo, A. G. (2008). Permutation Entropy to Detect Vigilance Changes and Preictal States from Scalp EEG in Epileptic Patients . 3-9.
- Bunn, D., & Farmer, E. (1985). Economic and Operational Context of Electric Load Prediction. *Comparative Models for Electrical Load Forecasting* , 3-11.
- Cryer, J. D., & Chan, K. S. (2008). *Time Series Analysis with Application in R*. New York: Springer-Verlag.
- El-Sharkawi, M. (1999). Short Term Peak Load Forecast Using Detrended Partitioned Data Training of a Neuro Fuzzy Regression Machine. *Eng Int Syst* , 197-201.
- Enders. (2015). *Applied Econometric Time Series Fourth Edition*. United States Amerika: Wiley.
- Endharta, A. J., & Suhartono. (2009). Peramalan Konsumsi Listrik Jangka Pendek dengan ARIMA Musiman Ganda dan ELMAN-Recurrent Neural Network. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi* , 185-192.
- Faraway, J., & Chatfield, C. (1998). Time Series Forecasting with Neural Network: A comparative Study Using The Airline Data . *Applied Statistic* , 231-250.
- Farrell, J. (2009). *Microsoft Visual C# 2008 Comprehensive: An Introduction to Object-Oriented Programming*. Boston: Cengage Learning.

- Hong Yao, Q. D. (2012, 12). An Improved K-Means Clustering Algorithm for Fish Image Segmentation. *Elsevier* .
- Jumingan. (2009). Analisis Laporan Keuangan. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kocyigit, Y. A. (2008). Classification of EEG Recordings by Using Fast Independent Component Analysis and Artificial Neural Network. 17-20.
- Konar, A. (2005). *Computational Intelligence: Principles, Techniques and Applications*. Calcutta: Springer London, Limited.
- Kostenko, A. H. (2008). Forecasting Without Significance Test? *International Journal of Forecasting* , 679-688.
- Marsudi. (2005). *Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Muchlis, M. (2006). *Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 hingga 2020*. Jakarta: BPPT.
- Nicolaou, N., & Gergiou, J. (2012). Detection of epileptic electroencephalogram based on Permutation Entropy and Support Vector Machines.
- Nicolaou, N., & Gergiou, J. (2012). Detection of epileptic electroencephalogram based on Permutation Entropy and Support Vector Machines.
- Orhan, U., Hekim, M., & Ozer, M. (2011). EEG signals classification using the K-means clustering and a multilayer perceptron neural network model. *I* (4), 13475-13481.
- Ristiana, Y., Winahyu, W. S., & Suhartono. (2008). Model Autoregressive Neural Network untuk Peramalan Konsumsi Listrik Jangka Pendek di PT. PLN Gresik.
- Saodah, S. (2008). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI. *Jurnal Teknik Elektro* .
- Shorvon, S. (2000). *Handbook of Epilepsy Treatment*. Blackwell Science.
- Soares, L. J., & Medeiros, M. C. (2008). Modelling and Forecasting Short-Term Electricity Load: A Comparison of Method with an Application to Brazilian Data. *Science Direct* , 630-644.
- Suhartono, & Subanar. (2005). A Comparative Study of Forecasting Models for Trend and Seasonal Time Series: Does Complex Model Always Yield Better Forecast Than Simple models? *Jurnal Teknik Industri* , 22-30.
- Tsay, R. (2010). Analysis of Financial Time Series: Financial Econometrics Third Edition. New York: John Wiley & Sons Inc.

- Ulinnuha, N., Ariesianti, I., & Purwanto, Y. (2012). *Implementasi Model untuk Memprediksi Kebangkrutan Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan dan Regresi Berganda*. Surabaya.
- Wei, W. (2006). Time Analysis Univariate and Multivariate Methods. *Addison Wesley Publishing Company* , 85-94.
- Witten, I., Frank, E., & Hall, M. (2011). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques* (Vol. 3). Burlington: Elsevier Science.
- Zhang, G. (2003). Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model. *Neurocomputing* , 159-175.

BIOGRAFI PENULIS



Yunita Ardilla dilahirkan pada tanggal 4 Juni 1992 di Sidoarjo, sebagai anak pertama dari empat bersaudara. Penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Informatika pada tahun 2010. Kemudian ditahun 2014 melanjutkan program pascasarjana di Magister Manajemen Teknologi (MMT) – ITS, dengan bidang keahlian Manajemen Teknologi Informasi, dengan bantuan beasiswa LPDP. Untuk

menyelesaikan pendidikan di jenjang ini, penulis mengambil Tesis dengan tema *time series* yang berjudul “ **Metode Hibrida ARIMA dan Multilayer Perceptron untuk Peramalan Jangka Pendek Konsumsi Listrik di Jawa Timur** ”. Jika pembaca ingin memberikan kritik dan saran serta ingin berdiskusi lebih lanjut tentang Tesis ini, dapat menghubungi melalui alamat *email*: ardilla@yunita.net.